ПРОМЫШЛЕННОСТЬ И СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО



ISSN:

2587-6015

Периодическое издание

Выпуск № 4

2023 год

ГБОУ ВО
«Донбасская аграрная
академия»



МАКЕЕВКА

2023 год

ГБОУ ВО «**Донбасская аграрная академия**» приглашает к сотрудничеству студентов, магистрантов, аспирантов, докторантов, а также других лиц, занимающихся научными исследованиями, опубликовать рукописи в электронном журнале «**Промышленность и сельское хозяйство**».

Основное заглавие: **Промышленность и сельское хозяйство**
Место издания: **г. Макеевка, Донецкая Народная Республика**
Параллельное заглавие: **Industry and agriculture**
Формат издания: **электронный журнал в формате pdf**
Языки издания: **русский, украинский, английский**
Периодичность выхода: **1 раз в месяц**
Учредитель периодического издания: **ГБОУ ВО «Донбасская аграрная академия»**
ISSN: **2587-6015**

Редакционная коллегия издания:

Выходные данные выпуска:

Промышленность и сельское хозяйство. – 2023. – № 4 (57).



ОГЛАВЛЕНИЕ ВЫПУСКА МЕЖДУНАРОДНОГО НАУЧНОГО ЖУРНАЛА «ПРОМЫШЛЕННОСТЬ И СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО»

УДК 61.619

ДИАГНОСТИКА, ЛЕЧЕНИЕ И ПРОФИЛАКТИКА СТОМАТИТА У СОБАК И КОШЕК

Фенич Оксана Владимировна,
Донбасская аграрная академия, г. Макеевка

E-mail: terapy_farm_donagra@mail.ru

Аннотация. *В данной статье рассмотрены актуальные на сегодняшний день методы диагностики, лечения и профилактики стоматита у собак и кошек.*

Abstract. *This article discusses the current methods of diagnosis, treatment and prevention of stomatitis in dogs and cats.*

Ключевые слова: *стоматит, лечение, диагностика, профилактика.*

Key words: *stomatitis, treatment, diagnosis, prevention.*

Актуальность: стоматиты являются распространенными заболеваниями среди собак и кошек, характеризующиеся очаговым (с поражением слизистой оболочки одного или нескольких органов ротовой полости) или диффузным (с поражением большей части слизистой оболочки) воспалением полости рта.

Любая форма стоматита сопровождается нарушением функциональной деятельности органов полости рта. На слизистой оболочке появляется припухлость, что при дальнейшем развитии является причиной венозного застоя. Область поражения гиперемирована и болезненна. Опухшая слизистая оболочка сдавливает просветы слизистых желез, они растягиваются и выступают в виде серо-белых узелков, при этом наблюдается обильное слюнотечение. Во избежание серьезных последствий необходимо своевременно предупреждать и диагностировать это заболевание у животных.

Цель и задачи работы: изучить и провести диагностику, лечение и профилактику стоматитов среди собак и кошек в Донецкой Народной Республики. Для проведения исследования использовали данные ветеринарной отчетной документации Государственной ветеринарной клиники г. Шахтерска, амбулаторных журналов больных животных, которые подвергали статистическому анализу и обобщению по этиологии, частоте регистраций и особенностям клинического проявления стоматитов.

Стоматит – это общее название для различных воспалений слизистых в полости рта: на нёбе, внутренней поверхности щек, под языком, в горле, на губах или деснах. Поэтому при стоматите симптомы и лечение обусловлены причинами заболевания и зоной поражения [3].

Стоматиты по своему течению принято подразделять на острые и хронические, а по происхождению – первичные и вторичные. Первичные стоматиты возникают в результате непосредственного раздражения слизистой оболочки, а вторичные являются сопутствующими при других заболеваниях.

Стоматит кошек и собак это не одна, отдельная единица заболевания, он может развиваться по различным причинам, как локального (только в пасти), так и системного (поражение всего организма) происхождения. Ниже представлены основные глобальные причины стоматита у кошек, при необходимости уточнений – следует обращаться к сотрудникам ветеринарной клиники. Причины стоматита кошек и собак приведены в порядке убывания их встречаемости и значимости [4].

Ретровирусы (вирус лейкоза и вирус иммунодефицита кошек).

2. Калицивирус и герпесвирус кошек.

3. Иммуноопосредованные заболевания.

4. Новообразования.

5. Зубной камень.

6. Травматические и физико-химические причины.

При катаральном стоматите у животного на поверхности слизистой оболочки ротовой полости появляется большое количество мельчайших пузырьков.

При атрофическом виде внешне отмечается очень сильное воспаление на деснах и слизистой внутренней поверхности щек.

Язвенный чаще всего именно на деснах (но может и на щеках, языке), по поверхности слизистой образуются пузырьки-прыщики, которые лопаются с образованием мелких ранок, вокруг которых здоровые ткани сильно воспаляются.

Флегмонозный – это всегда резко неприятный запах из пасти и присутствие гноя в ранках, язвах и скопление его между губами и деснами.

Гангренозный – самый опасный вид стоматита, поскольку при нем не просто язвочки, то уже отмирающая ткань вокруг них появляется (рисунок 9), а некроз – это крайне опасно для здоровья и жизни животного (вплоть до сепсиса).

Паппиломатозная форма стоматита вызывается вирусом папилломы и характеризуется образованием по слизистым оболочкам губ и щек специфических новообразований, напоминающих цветную капусту – папиллом [2].

Диагноз ставим на основании исследования ротовой полости, общего состояния, данных анамнеза, условий кормления и содержания больных животных. По визуальным изменениям слизистой оболочки рта, языка ветеринарному врачу нетрудно определить форму стоматита. Особое значение имеет своевременное диагностирование вторичных стоматитов инфекционного происхождения в целях своевременной изоляции больных животных и принятия мер специфической терапии и профилактики.

К экзогенным причинам следует отнести следующие:

– механические факторы, вызывающие нарушения целостности тканей при ранениях, переломах костей, ушибах, пролежнях и др.;

– физические факторы, к которым относят действие высокой и низкой температуры, влияние на ткань ультрафиолетовых лучей, ионизирующих излучений, электрического тока, лучей лазера и др.;

– химические факторы органического и неорганического проис-хождения (кислоты, щелочи и др.);

– биологические факторы: бактерии, вирусы, грибы, простей-шие, клещи, насекомые.

К эндогенным причинам, вызывающим воспале-ние, относят тромбообразование, некроз тканей, отложение солей в стенках сосудов, образование камней, кровоизлияния, формиро-вание цитотоксических иммунных комплексов и др. [1].

В качестве профилактики животным не дают грубые, раздражающие, промерзшие и слишком горячие корма, лекарственные вещества в высоких концентрациях. Необходимо постоянно следить за состоянием зубов у животных. Строго соблюдать правила приготовления и хранения кормов и регулярно проводить контроль за их качеством. С целью профилактики вторичных стоматитов проводить комплекс специальных лечебно-профилактических мероприятий при инфекционных заболеваниях.

Лечение: из рациона исключают раздражающие и травматизирующие слизистую ротовой полости корма. На период болезни кормят преимущественно жидкими или полужидкими кормами (молочными продуктами, кашами, супами). При язвенном стоматите каждый день очищают зубы тампоном, смоченным в лимонном соке. Местно применяют 2%-ный раствор натрия гидрокарбоната, перманганат калия в разведении 1:10 000, перекиси водорода в 1-3%-ной концентрации и др. Язвы на слизистой оболочке целесообразно прижигать азотнокислым серебром после осторожного удаления омертвевших тканей. При наличии камней на зубах их следует удалить с последующим орошением полости рта одним из вышеуказанных средств. Больные зубы следует лечить или в крайнем случае удалить. Как правило, применяют антибиотики тетрациклинового ряда в течение 7-10 дней.

Клиническое обследование подопытных животных проводили по общепринятой методике, с последующей регистрацией протоколов и историей болезни. Собирали полный анамнез о жизни и о болезни. Особое внимание обращали на общее состояние, снижение массы тела, активность, утомляемость, бледность слизистых оболочек, желтушность, диарею, рвоту, состояния лимфатических узлов. Специальные исследования включали в себя медицинский осмотр.

Для сравнения заболевания стоматита кошек и собак были взяты для исследования 52 животного. В опыте находились собаки и кошки разных пород,

в возрасте 3-15 лет. Опытные группы больных животных были сформированы по мере поступления в ветеринарную клинику. Общее количество животных в экспериментах составило 52 животных. Первично было предрасположенность семейства животного к заболеванию стоматита в г. Шахтерска по состоянию на 2021 г. – 2022 г.

Далее выявим возрастную зависимость к данному заболеванию у собак и кошек. Исходя из данных государственной ветеринарной клиники г. Шахтерска, исследования проводились среди животных от 3-х до 15-ти летнего возраста, из них 25 кошек: 3 года – 2 кошки; 4 года – 10 кошек; 5 лет – 7 кошек; 6 лет – 4 кошки; 7 лет – 2 кошки. 27 собак: 4 года – 4 собаки, 5 лет – 7 собак, 6 лет – 3 собаки, 7 лет – 11 собак; 15 лет – 1 собака. Методом сравнения можно сделать выводы, что вероятность возникновения заболевания стоматит у собак в возрасте 7 лет максимальна, а у кошек пик возможного заболевания стоматитом – 4 года. Следовательно, необходимо в обязательном порядке информировать хозяев животных о необходимости профилактики данного заболевания.

За период с начала 2021 года по середину 2022 года в государственной ветеринарной клиники г. Шахтерска были обнаружены такие течения заболевания стоматита как: катаральный, язвенный, атрофический, флегмонозный, гангренозный. Из них диагностировано у собак: катаральный – 10; язвенный – 7; атрофический – 5; флегмонозный – 4; гангренозный – 1, в таблице 2.3 и диаграмме (рисунок 16) можно наблюдать предрасположенность собак к течениям стоматита.

Во время исследования был проведен опыт, который заключался в выяснении более эффективного раствора для лечения стоматита у собак и кошек. Для обработки поврежденных участков использовались гели на основе метронидазола и хлоргексидина: «Метрогил дента» и «Дентамет».

Таким образом было произведено лечение животных с катаральным течением стоматита, 12 кошек и 10 собак соответственно. 5 собак лечили препаратом «Метрогил дента», других 5 собак лечили препаратом «Дентамет».

По итогам эксперимента животные, которые лечились препаратом «Метрогил дента» пошли на поправку после 3х дней, полное выздоровление было выявлено по итогам 4-6 дней после начала лечения. Животные которых лечили препарартом «Дентамет» пошли на заметную поправку так же по истечению 3х дней, полное выздоровление было выявлено по итогам 5-6 дней.

В заключение данного исследования следует отметить, что при лечении собак препаратом «Метрогил дента» по сравнению с препаратом «Дентамет» различий практически не выявлено, однако у некоторых особей полное заметное выздоровление было отмечено на сутки раньше у препарата «Метрогил дента».

Исследование этих препаратов на кошках, 6 животных лечили препаратом «Метрогил дента», других 6 кошек лечили препаратом «Дентамет». По итогам эксперимента животные, которые лечились препаратом «Метрогил дента» пошли на поправку после 2х дней, полное выздоровление было выявлено по итогам 5-7

дней после начала лечения. Животные которых лечили препарартом «Дентамет» пошли на заметную поправку по истечению 3-х дней, полное выздоровление было выявлено по итогам 6-7 дней.

В заключение данного исследования следует отметить, что при лечении кошек препаратом «Метрогил дента» по сравнению с препаратом «Дентамет» различий практически не выявлено, однако у некоторых особей полное заметное выздоровление было отмечено на сутки раньше у препарата «Метрогил дента».

Любая форма стоматита сопровождается нарушением функциональной деятельности органов полости рта. На слизистой оболочке появляется припухлость, что при дальнейшем развитии является причиной венозного застоя. Область поражения гиперемирована и болезненна. Опухшая слизистая оболочка сдавливает просветы слизистых желез, они растягиваются и выступают в виде серо-белых узелков, при этом наблюдается обильное слюнотечение.

Происхождение стоматитов зависит от причины, вызвавшей данное расстройство. Так, различают первичные стоматиты, возникновение которых обусловлено травмами и различными алиментарными факторами, и вторичные, возникающие на базе возможных инфекционных заболеваний или как их осложнения. При этом наибольшую опасность представляют стоматиты вторичного характера, поскольку они могут являться своего рода индикатором и сигналов к более опасному заболеванию, чаще всего инфекционной природы. Во избежание серьезных последствий необходимо своевременно предупреждать и диагностировать это заболевание и животных.

Если же хозяин допустил возникновение заболевания у питомца, то следует незамедлительно обратиться в ветеринарную клинику и пройти курс лечения. Также по итогам эксперимента следует отметить, что препарат «Метрагил Дента» показал себя более эффективным в лечении катарального течения стоматита у собак и кошек и рекомендуется для использования.

Список использованной литературы:

1. Васильева М.Б. Этиология и патогенез воспалительных заболеваний пародонта у собак: диагностика и методы лечения // Балтийский форум: мат-лы Междунар. ветеринар. конф. – СПб., 2009. – С. 69-70.

2. Бабкина Н. Кошачий гингивостоматит. Новое в лечении // VET TOPic. – 2021. – № 4.

3. Баринов Н.Д., Тушина В.А., Сивохина Л.А. Универсальный справочник ветеринарного врача. – М.: Научная книга, 2017. – 608 с.

4. Ковалев С.П. Клиническая диагностика внутренних болезней животных. – СПб.: Лань, 2014. – 544 с.

УДК 631.417.2+ 631.458

СОДЕРЖАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ДЕГРАДИРОВАННЫХ ПОЧВАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Сыщиков Дмитрий Валерьевич,
Донецкий ботанический сад, г. Донецк
E-mail: 2007dmitry@rambler.ru

Агурова Ирина Викторовна,
Донецкий ботанический сад, г. Донецк

Аннотация. *Исследован уровень накопления органического вещества в различных генетических горизонтах деградированных почв сельскохозяйственного назначения. В результате проведенных исследований отмечено, что концентрация гумуса в почве модельных участков, вовлеченных в активное сельскохозяйственное использование, не превышала 3,5%. На склоновых участках полей зафиксирован критический уровень содержания органического вещества для производства сельскохозяйственной продукции. Отмечается, что для достижения бездефицитного баланса органического вещества при культивировании гумусопотребляющих сельскохозяйственных культур необходимо не только чередование культур, но и дополнительное внесение органических удобрений.*

Abstract. *Was investigated the level of organic matter accumulation in various genetic horizons of degraded agricultural soils. As a result of the studies, it was noted that the humus concentration in the soil of model areas involved in active agricultural use did not exceed 3.5%. In the slope areas of the fields, was recorded a critical level of organic matter for the production of agricultural products. It is noted that in order to achieve a deficit-free balance of organic matter at the cultivation of humus-consuming crops, it is necessary not only to alternate crops, but also to additionally apply organic fertilizers.*

Ключевые слова: *почва, органическое вещество, деградация, модельный участок.*

Key words: *soil, organic matter, degradation, model area.*

Введение

В настоящее время 30-50% земной поверхности изменено в результате различных видов антропогенного использования, оказывающего значительное, часто негативное, влияние на свойства почв. Антропогенное воздействие на естественные экосистемы достаточно многообразно, однако самым широко

распространенным его видом по масштабности и глубине воздействия является преобразование природных экосистем в сельскохозяйственные и связанная с этим эрозия почв [12; 13].

При исключении из биологического круговорота значительной части биомассы с урожаем нарушается установившееся природное равновесие в системе выноса-накопления веществ. Наиболее часто используемым критерием изменения качества почвы при таких преобразованиях выступают запасы органического углерода как интегральное отражение продукционной и углерод-депонирующей функций почвенного покрова. В пахотном горизонте идет процесс усиленной минерализации гумуса, меняются его качественный состав и структурно-функциональные параметры [3; 11].

Целью настоящей работы является исследования уровня обеспеченности растений органическим веществом в различных почвенных горизонтах.

Материалы и методы

Для исследования почвенного покрова деградированных агроэкосистем были выбраны следующие модельные участки северной части Шахтерского района ДНР.

Участок № 1. Участок со степной растительностью (с. Малоорловка, Шахтерский район, 48°11'23.3"N 38°17'08.9"E). Общее проективное покрытие (ОПП) 95-100%. Доминируют *Festuca valesiaca* Gaud*., Poa compressa* L., *Artemisia austriaca* Jacq., *Bromuss quarossus* L., *Lotus ucrainicus* Klok. Рассеянно встречаются *Odontites vulgaris* Moench, *Medicago romanica* Prod., *Berteroa incana* (L.) DC., *Melilotus officinalis* (L.) Pall., *Chondrilla juncea* L., *Asparagus polyphyllus* Stev., *Centaurea diffusa* Lam., *Artemisia absinthium* L., *Linaria genistifolia* (L.) Mill, *Lepidium campestre* (L.) R.Br., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth. Единично растут *Acillea nobilis* L., *Koeleria cristata* (L.) Pers., *Potentilla impolita* Wahlenb., *Vicia tenuifolia* Roth, *Echium vulgare* L*., Agrimonia eupatoria* L., *Salvia officinalis* L*., Tanacetum vulgare* L., *Scorzonera mollis* Bieb., *Eryngium campestre* L., *Cichorium intybus* L., *Echium vulgare* L., *Daucus carota* L.

Разрез № 1. Чернозем обыкновенный среднемощный среднегумусный.

А – 0-27 см. Свежая, темно-бурая однородная, легкосуглинистая, среднезернистая, умеренно плотная. Новообразований и включений не отмечено. Густые корни. Переход в горизонт В ясный, волнистый по цвету.

В – Сухая, светло-каштановая, однородная, легкосуглинистая, среднезернистая, умеренно плотная, каменистость – 15%. Новообразований и включений не отмечено. Единичные корни. Прослежен до глубины 43 см.

Данный участок рассматривается нами как условный контроль

Участок № 2. Склоновый участок поля под яровой пшеницей (с. Славное, Шахтерский район, 48°12'45.0"N 38°19'57.1"E).

Разрез № 2. Чернозем щебневатый среднесмытый на элювии твердых некарбонатных пород.

А – 0-12 см. Сухая, структурная, темно-бурая, однородная, среднесуглинистая, пылевато-зернистая, уплотненная. Новообразований и включений не отмечено. Много корней. Переход в горизонт В резкий, волнистый по цвету.

В – Сухая, структурная, палево-бурая, однородная, среднесуглинистая, комковато-зернистая, плотная. Отмечаются выцветы солей (белесые). Каменистость – 12%. Единичные корни. Прослежен до глубины 37 см.

Участок № 3. Поле под яровой пшеницей первый год после пара (с. Славное, Шахтерский район,48°12'47.2"N 38°19'48.8"E).

Разрез № 3. Чернозем щебневатый на элювии твердых некарбонатных пород.

А – 0-23 см. Свежая, структурная, темно-бурая, однородная, среднесуглинистая, пылевато-зернистая, слабо уплотненная. Новообразований и включений не отмечено. Много корней. Переход в горизонт В ясный, волнистый по цвету.

В – Свежая, структурная, палево-бурая, однородная, среднесуглинистая, комковато-зернистая, плотная. Отмечаются выцветы солей (белесые). Единичные корни. Прослежен до глубины 43 см.

Участок № 4. Выведенные из сельскохозяйственного использования земли для выгона скота (с. Славное, Шахтерский район,48°13'06.6"N 38°20'02.0"E). ОПП 85-90%, доминирует *F. valesiaca, Elytrigia repens* (L.), *L. genistifolia*, *A. absinthium*, также представлены *L. ucrainicus, D. carota, E. vulgare, Ambrosia artemisifolia* L., *Verbascum lychnitis* L, *L. genistifolia*.

Разрез № 4. Чернозем щебневатый на элювии твердых некарбонатных пород.

А – 0-12 см. Сухая, структурная, светло-бурая, однородная, среднесуглинистая, глыбисто-комковатая, слабо уплотненная. Новообразований и включений не отмечено. Густые корни. Переход в горизонт В постепенный, языковатый по цвету.

В – Сухая, структурная, светло-серая, однородная, среднесуглинистая, комковато-зернистая, плотная. Отмечаются выцветы солей (белесые). Редкие корни. Прослежен до глубины 32 см.

Участок № 5. Поле под паром (с. Славное, Шахтерский район,48° 13'19.1"N 38°20'09.7"E).

Разрез № 5. Чернозем щебневатый на элювии твердых некарбонатных пород.

А – 0-17 см. Свежая, структурная, буро черная, однородная, среднесуглинистая, зернисто-порошистая, слабо уплотненная. Новообразований и включений не отмечено. Единичные корни. Переход в горизонт В постепенный, волнистый по цвету.

Результаты и их обсуждение

Анализ полученных данных показал, что исследуемые почвы характеризуются аккумулятивным типом распределения гумуса в почвенном профиле, для которого свойственно максимальное накопление органического вещества с поверхности (генетический горизонт А) при постепенном уменьшении его содержания с глубиной (табл. 1). Однако укороченность почвенного профиля модельных участков, связанная как с генетическими особенностями их почвообразования (щебневатость), так и с механической обработкой почвы обуславливает более резкое снижение концентрации гумуса при переходе к нижележащим почвенным горизонтам.

Наряду с этим, следует отметить, что активное сельскохозяйственное использование с культивированием гумусопотребляющих сельскохозяйственных культур (зерновые) и дефицит органических удобрений привели к тому, что в пахотном горизонте почв большинства модельных участков содержание органического вещества не превышало 3,5%, что составляло 59-79% по отношению к контролю.

Таблица 1

Содержание гумуса (%) в почвах сельскохозяйственных угодий

Участок/ горизонт	M ± m	% к контролю	T_{st}
№ 1 А	4,18 ± 0,08	–	–
№ 1 В	2,64 ± 0,06	–	–
№ 2 А	2,77 ± 0,02	66,3	17,1
№ 2 В	1,13 ± 0,03	42,8	22,5
№ 3 А	3,32 ± 0,05	79,4	9,12
№ 3 В	1,91 ± 0,06	72,3	8,6
№ 4 А	3,89 ± 0,17	93,1	1,68
№ 4 В	2,43 ± 0,09	92,0	1,94
№ 5 А	3,91 ± 0,12	93,5	1,87
№ 5 В	2,53 ± 0,04	95,8	1,53
№ 6 А	3,34 ± 0,05	79,9	8,9
№ 6 В	1,75 ± 0,03	70,1	11,8
№ 7 А	3,18±0,09	76,1	8,3
№ 7 В	1,74 ± 0,03	65,9	13,4
№ 8 А	2,47 ± 0,06	59,1	17,1
№ 8 В	1,17 ± 0,03	44,3	21,9

Наибольший дефицит гумуса отмечен для склоновых участков полей под яровой пшеницей и ячменем (участки №№ 2 и 8), в пахотном горизонте которых концентрация органического вещества статистически достоверно снижалась на 34-41% по отношению к контрольным показателям, тогда как в аналогичном почвенном горизонте участков с относительно удовлетворительными физико-гидрологическими условиями (№№ 3, 6, 7) отмеченное снижение было выражено не так существенно (табл.). Аналогичные данные получены в исследованиях А.Д. Гумбарова, которым показано, что у гумусопотребляющих культур тренд на увеличение урожая приводит к значительному уменьшению запаса биомассы, а, следовательно, и к существенному дефициту баланса гумуса пашни [1]. Таким образом, в верхнем генетическом горизонте почв склоновых участков отмечается усиление деградационных процессов, обусловленное комбинированным влиянием химической и физической деградации.

В пахотном горизонте модельных участков №№ 4 и 5 не было зафиксировано статистически достоверных различий концентрации гумуса по сравнению с зональной почвой. Полученные данные, скорее всего, объясняются уменьшением уровня антропогенной нагрузки (выведение под пар, пастбищная нагрузка), что приводит к снижению дисбаланса между поступлением органического вещества в почву и минерализацией гумуса.

Анализ данных таблицы позволил установить, что в нижележащих генетических горизонтах почв практически всех модельных участков зафиксирована тенденция распределения органического вещества по отношению к контрольным показателем, аналогичная показанной для пахотного горизонта. Исключение составляют склоновые участки полей (№№ 2 и 8), для которых отмечено усиление дисбаланса динамического равновесия между утилизацией/ новообразованием гумуса, выражающееся в уменьшении его концентрации в среднем на 56% по отношению к аналогичному почвенному горизонту зональной почвы. В данном случае наряду со снижением поступления растительных (стерня, опавшие сухие листья) и корневых остатков в процессе уборки урожая негативным фактором, обуславливающим уменьшение содержания органического вещества является усиление линейной эрозии.

Выводы

Установлено, что активное сельскохозяйственное использование с культивированием гумусопотребляющих сельскохозяйственных культур привело к снижению уровня содержания органического вещества, не превышающего 3,5%. На склоновых участках полей с усилением и наложением нескольких видов деградационных процессов зафиксирован критический уровень содержания гумуса для производства сельскохозяйственной продукции. Следовательно органические остатки культур, возделываемых в севообороте, полностью не могут компенсировать минерализацию гумуса в почве и без дополнительного внесения органических удобрений чередование культур не приведет к бездефицитному балансу органического вещества.

Список использованной литературы:

1. Гумбаров А.Д. Сравнительный анализ баланса гумуса под зерновыми и многолетними бобовыми культурами пашни / А.Д. Гумбаров, Е.В. Долобешкин // Новые технологии. – 2019. – Вып. 2 (48). – С. 217-227.

2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

3. Когут Б.М. Оценка содержания гумуса в пахотных почвах России / Б.М. Когут // Почвоведение. – 2012. – № 9. – С. 944-952.

4. Методические рекомендации по морфологическому описанию почв / сост. А.Г. Дюкарев, Н.Н. Пологова, Л.И. Герасько. – Томск: Изд-во СО РАН, 1999. – 39 с.

5. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под. ред. Д.Г. Звягинцева. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 304 с.

6. Определитель высших растений Украины / Д.Н. Доброчаева, М.И. Котов, Ю.Н. Прокудин [и др.]. – К.: Наукова думка, 1987. – 548 с.

7. Практикум по агрохимии / Под ред. В.Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.

8. Приседський Ю.Г. Статистична обробка результатів біологічних експериментів: навчальний посібник / Ю.Г. Приседський. – Донецьк: Касіопія, 1999. – 210 с.

9. Розанов Б.Г. Морфология почв / Б.Г. Розанов. – М.: МГУ, 1983. – 320 с.

10. Флора европейской части СССР [Флора Восточной Европы]: В 11 т. – Л.: Наука, 1974-2004. – Т. 1-11.

11. Чернова О.В. Современное состояние гумусированности пахотных черноземов настоящих степей (на примере Ростовской области) / О.В. Чернова, И.О. Алябина, О.С. Безуглова, Ю.А. Литвинов // Юг России: экология, развитие. – 2020. – Т. 15, № 4. – С. 99-113.

12. Чуков С.Н. Структурно-функциональные параметры органического вещества почв в условиях антропогенного воздействия / С.Н. Чуков. – СПб.: Изд -во С.-Петерб. ун-та, 2001. – 216 с.

13. Vitousek P.M. Human domination of Earth’s ecosystems / P.M. Vitousek, H.A. Mooney, J. Lubchenco, J.M. Melillo // Science. – 1997. – Vol. 277., Iss. 5325. – P. 494-99.

УДК 631.1

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ

Зубарева Дарья Денисовна,
Марфин Никита Дамирович,
Банарцева Екатерина Дмитриевна,
Самарский государственный экономический университет, г. Самара

E-mail: dash.prockudina2016@gmail.com

Аннотация. *В данной работе рассматриваются особенности развития агропромышленного комплекса России. Развитие экономики страны и повышение благосостояния общества невозможно без развития АПК. Для улучшения ситуации в агропромышленном комплексе необходимо учитывать специфику. Развитие АПК является одной из ключевых стратегических задач развития Российской Федерации на период до 2030 года.*

Abstract. *This paper discusses the features of the development of the agro-industrial complex in Russia. The development of the country's economy and the improvement of the welfare of society is impossible without the development of the agro-industrial complex. For the development of the situation in the agro-industrial complex, it is necessary to comply with the specification. The development of the agro-industrial complex is one of the significant problems in the development of the Russian Federation for the period up to 2030.*

Ключевые слова: *АПК, проблемы развития, стратегия, сельское хозяйство, государственная поддержка, показатель.*

Key words: *agro-industrial complex, development problems, strategy, agriculture, state support, indicator.*

Развитие экономики Российской Федерации имеет специфические черты, которые отражаются в переустройстве всех сфер хозяйствования. В первую очередь это связано с переходом от планового хозяйствования к рыночной системе развития. Последствия распада СССР отразились в том числе и на АПК.

АПК (агропромышленный комплекс) – является объединением отраслей народного хозяйства, включая развитие сельского хозяйства, обслуживание его производства и доведение до потребителя конечного сельскохозяйственного продукта [1].

Без развитого сельского хозяйства и агропромышленного комплекса в целом невозможно будущее России, это говорит об актуальности научной работы в современной действительности.

Следовательно, объектом исследования является АПК, а предметом – особенности развития агропромышленного комплекса России.

Мы предполагаем, что в настоящее время аграрный комплекс является одним из перфективных направлений для предпринимательской деятельности наряду с информационными технологиями, т.к. сельское хозяйство – это основа безопасности населения страны.

Значимым периодом для отечественного сельского хозяйства являются 90-е годы прошлого века. Аграрная реформа 1991 года полностью изменила тенденции в развитии сельского хозяйства, если к 1990 годам страна являлась одним из главных производителем продукции сельского хозяйства (5,7% мирового объема мяса и зерна, 10,3 % – молока и 7,6% – яиц), то в 1992 г. приходилось 9% мирового производства молока и 6,6% говядины, 6,1% яиц. На 2014 г. отмечался существенный спад, по молоку страна опустилась до 3,8%, по яйцу – до 3,1%, а по говядине – до 2,4% [2]. На сегодняшний день сектор претерпевает ряд изменений, государство озабочено вопросами стратегического развития данного направления: в апреле 2020 года была утверждена «Стратегия развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года». Согласно стратегии за десять лет стране необходимо реализовать следующие задачи:

1. Повысить долю общей площади оборудованных жилых помещений в сельских населённых пунктах;
2. Повысить уровень соотношение среднемесячных располагаемых ресурсов сельского и городского домохозяйств;
3. Увеличить уровень применения высокопродуктивных сортов сельскохозяйственных культур и пород животных;
4. Нарастить научно-технологического уровень АПК, стимулируя развитие селекции и генетики;
5. Улучшить генетический потенциал в животноводстве, а также развить селекцию и семеноводство сельхозкультур, разработка и внедрение технологий производства кормов и кормовых добавок для животных;
6. Повысить физический инвестиций в агропромышленном и рыбохозяйственном комплексах;
7. Увеличить объём экспорта до уровня выше 45 млрд долларов в год;
8. Обеспечить безопасность продовольственных продуктов. (мероприятия заложены в федеральном проекте «Экспорт продукции АПК» Госпрограммы АПК).

Эксперты считают, что реализация данной стратегии увеличит роль России в качестве надёжного поставщика сельскохозяйственных продуктов и продуктов животноводства на отечественный рынок. Это же касается и экспорта продукции, а также стратегия сможет способствовать увеличению объёма экспорта, сокращению импортных технологий, увеличению отечественных. В

итоге реализации появится поддержка отечественным информационным ресурсам прикладного характера в сфере биотехнологий.

Государство нацелено на увеличение финансирования АПК, если в 2021 году поддержка составит 288,5 млрд. рублей, то в 2022 году – 331,5 млрд. рублей. Данные средства идут в том числе на компенсирующую и стимулирующую (для регионов, установивших приоритетные отрасли развития АПК) субсидии. Это говорит о том, что фермерские хозяйства в нынешней кризисной ситуации имеют возможность не только оставаться на плаву, но и развиваться благодаря поддержке государства [3].

Большие территории страны благоприятствуют развитию сельского хозяйства, но не стоит забывать, что на местах имеются существенные различия в развитии. Во многом это зависит от почвенно-климатических условий районов. На 2021 год 13% от площади России занимают сельскохозяйственные площади и не все из них используются в полном объеме. Не во всех регионах на 100% оперативно происходит получение бюджетных ассигнований конечными получателями. Это часть особенностей, которые необходимо учитывать. Перспективы развития предпринимательской деятельности в отраслях АПК огромны в нашей стране на сегодняшний день. При этом следует тщательно изучить особенности региона и потенциал внедрения новых технологий в отраслях, прежде чем принимать решения для создания или улучшения организации.

Для сохранения природного потенциала и гарантии безопасности продуктов питания необходимо при применении новых технологий осуществлять пути экологизации и биологизации на основе применения новых технологий в растениеводстве, животноводстве, пищевой промышленности. Аграрная наука и АПК находятся в разрыве, что является проблемой для инновационной деятельности. Кроме того, для деятельности сельхозтоваропроизводителей необходимо формировать цифровую среду понятных сервисов. Ключевые причины необходимости увеличения инновационности в АПК представлены на рисунке 1 (по данным ИнАгИс ВШЭ) [4].

Выявленные мотивации полностью формируют структуру распределения направлений более приоритетных для инвестиций в инновации АПК.

Инновационные разработки в АПК также требуются для отраслей, обеспечивающих средства производства (машиностроение в сельскохозяйственной области, ремонтное производство оборудования, производство минеральных удобрений и др.). Это позволит сократить издержки при производстве продукции и увеличить объемы производства. К примеру, при сборе зерна возможна потеря до 30% всего урожая, а это утерянная прибыль отрасти в целом. Без должного инвестирования инновационная деятельность невозможна, особенно у малых и средних компаний. Приоритетными

направлениями для инвестирования инновационной деятельности являются следующие сферы (рис. 2).

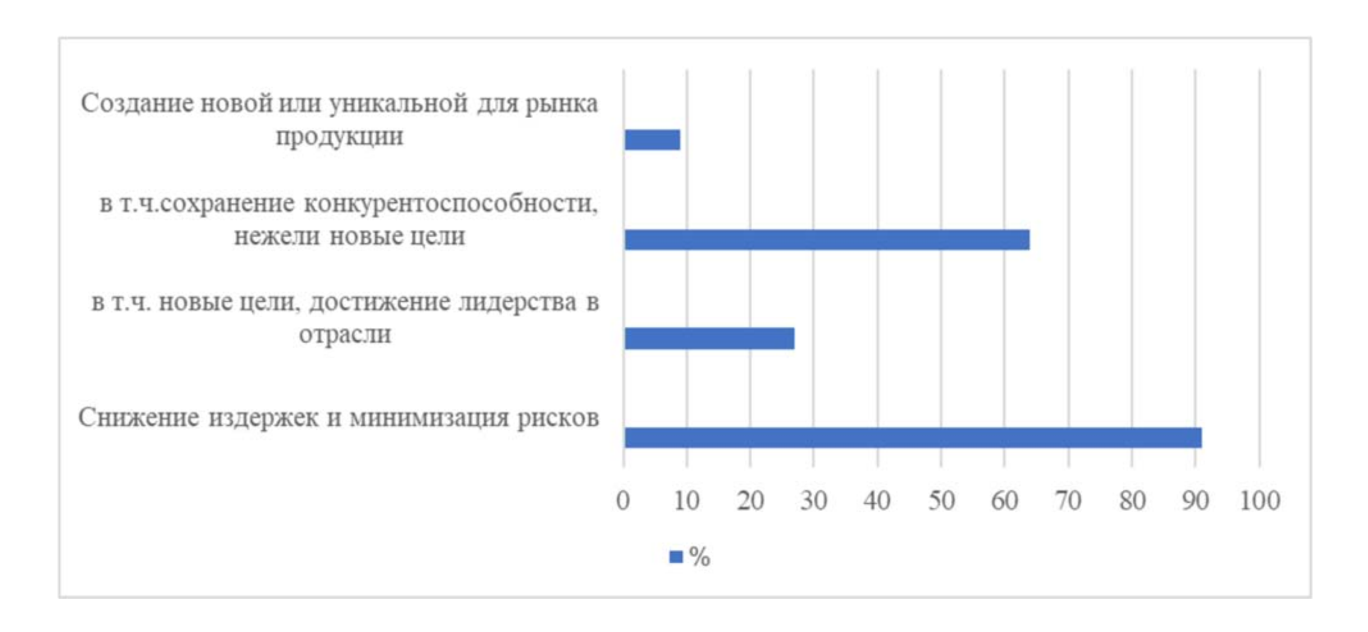


Рис. 1Ключевые мотивы роста инновационности в АПК

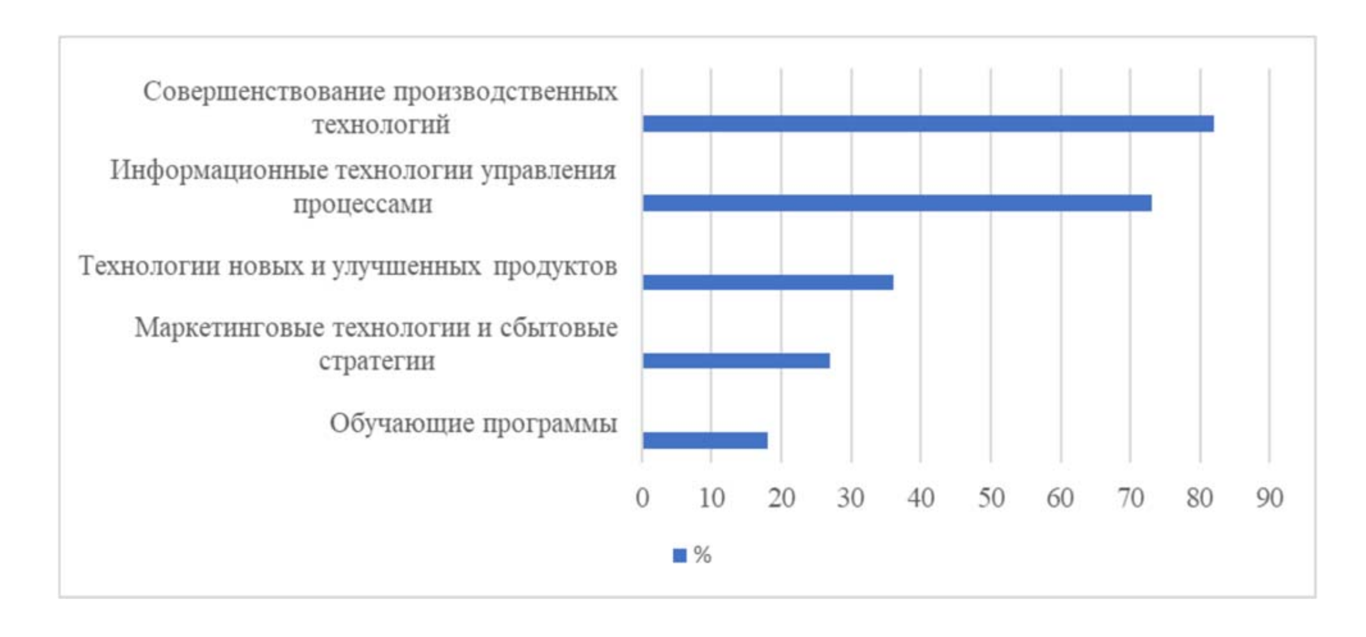


Рис. 2 Рейтинг приоритетных направлений

По мнению экспертов все внимание направлено на технологические разработки, которые показали свою эффективность на практике и имеют значительное распространение. При этом технология привлекает относительно коротким инвестиционным циклом, который в свою очередь укладывается в горизонт стратегического планирования (по источникам ИнАгИс ВШЭ) [5].

Из всего вышесказанного можно сделать вывод: агропромышленный комплекс России имеет специфику в развитии, во многом это зависит в первую очередь от почвенно-климатических условий, во-вторую – от государственной поддержки, в третьей – от исторических особенностей развития государства. В настоящее время инновационная и инвестиционная привлекательность сектора обусловлена стратегией государства повышения позиций страны в общемировом рейтинге. При оценивании АПК страны не следует забывать и о проблемах, с которыми сталкиваются отрасли. Опыт развития в России доказывает, что необходимо идти своим путем изменений, учитывая опыт зарубежных стран. Следовательно, агропромышленный комплекс является одним из перспективных направлений развития экономики страны.

Список использованной литературы:

1. Земельный кодекс российской федерации от 25.10.2001 N 136-ФЗ (ред. от 02.07.2021) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_law_33773/ (дата обращения: 14.01.2023)
2. Государственный комитет российской федерации по статистике [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/sh_2019.pdf (дата обращения: 15.01.2023).
3. Фудина Е.В. Актуальные проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса России // IACJ. – 2020. – № 1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/aktualnye-problemy-i-perspektivy-razvitiya-agropromyshlennogo-kompleksa-rossii (дата обращения: 18.01.2023).
4. Инновационное развитие агропромышленного комплекса в России. Agriculture 4.0 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.hse.ru/news/science/361085756.html (дата обращения: 10.01.2023)
5. ВШЭ подготовила прогноз развития агропромышленного комплекса до 2030 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://issek.hse.ru/news/201482469.html (дата обращения: 10.01.2023)

УДК 621.31

GAME THEORETIC METHOD AND OPTIMIZATION OF ELECTRIC POWER COMPANIES

Hu Weijun,
Saint Petersburg State University,
Saint Petersburg, Russia

E-mail: st097461@student.spbu.ru

He Weilong,
Shantou University,
Shantou, China

E-mail: 1315202296@qq.com

Huang Jipan,
Xiangtan University,
Xiangtan, China

E-mail: 564298339@qq.com

He Kun, Illinois Institute
of Technology, Chicago, USA

E-mail: hello.kun@qq.com

Peng Jialun,
Peking University, Beijing, China

E-mail: pemjl@pku.edu.cn

Abstract. *With the reform of Chinese electricity market, a diversified competitive environment has emerged, which has brought new tests. The reform of the electricity sales model will lead to changes in the price strategy and profit distribution of the power industry, and the influx of offers from various generators will make the government's analysis and management difficult, so it is of great importance to study the long-term bidding of each generator.*

Based on the above background, this paper adopts evolutionary game theory as a research tool to study the evolutionary stabilization strategy (ESS), and uses computer techniques such as Matlab simulation and data analysis to build a bidding game model for a group of power generators and study the (RD equation) based on the Moran process, and applies it to study the Based on Moran's birth-death principle, we calculate the evolutionary stable equilibrium of different bidding strategies in a finite rational power producer group, which can effectively characterize the expected

payoff function of the bidding strategy choice of the power producer group, and to a certain extent optimize such a long-term, information-asymmetric process as the bidding game in the generation side market.

By comparing with the traditional game model, it can be concluded that the Moran process is more consistent with the actual generator bidding game scenario. In conclusion, the mathematical modeling and simulation validation of the evolutionary game of two power generators' bidding game leads to the following conclusions: if the relevant authorities do not regulate, the power generators' groups will spontaneously tend to offer high prices, which is not conducive to the healthy development of the electricity market economy. Therefore, the relevant departments need to take the initiative to regulate electricity prices.

Key words: *evolutionary game, Moran process, RD equation, Electricity price bidding by electric power company, Matlab simulation.*

ТЕОРЕТИКО-ИГРОВОЙ МЕТОД И ОПТИМИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПАНИЙ

Ху Вэйцзюнь,
Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург

E-mail: st097461@student.spbu.ru

Хэ Вэйлун,
Университет Шаньтоу, г. Шаньтоу, Китай

E-mail: 1315202296@qq.com

Хуан Цзипан,
Университет Сянтань, г. Сянтань, Китай

E-mail: 564298339@qq.com

Хэ Кунь,
Иллинойский технологический институт, г. Чикаго, США

E-mail: hello.kun@qq.com

Пэн Цзяньлун,
Пекинский университет, г. Пекин, Китай

E-mail: pemjl@pku.edu.cn

***Аннотация**. С реформой китайского рынка электроэнергии возникла диверсифицированная конкурентная среда, которая принесла новые испытания. Реформа модели продажи электроэнергии приведет к изменениям в ценовой стратегии и распределении прибыли электроэнергетики, а приток предложений от различных генераторов затруднит правительственный анализ и управление, поэтому очень важно изучить долгосрочные предложения каждого генератора.*

Основываясь на вышеизложенном, в данной статье используется теория эволюционных игр в качестве исследовательского инструмента для изучения стратегии эволюционной стабилизации (ESS) и используются компьютерные методы, такие как моделирование в Matlab и анализ данных, для построения модели игры в ставки для группы генераторов энергии и изучения уравнения динамики репликатора (RD equation) на основе основываясь на процессе Морана и применяя его для изучения принципа рождения-смерти Морана, мы вычисляем эволюционно устойчивое равновесие различных стратегий торгов в конечной рациональной группе производителей энергии, который может эффективно характеризовать функцию ожидаемой отдачи от выбора стратегии торгов группой производителей электроэнергии и в определенной степени оптимизировать такой долгосрочный, несимметричный с точки зрения информации процесс, как торги на вторичном рынке генерации.

Сравнивая с традиционной игровой моделью, можно сделать вывод, что процесс Moran более соответствует реальному сценарию игры с генератором ставок. В заключение следует сказать, что математическое моделирование и имитационная валидация эволюционной игры в торгах двух энергогенераторов приводят к следующим выводам: если соответствующие органы власти не будут регулировать, группы энергогенераторов будут спонтанно стремиться предлагать высокие цены, что не способствует здоровому развитию экономики рынка электроэнергии. Поэтому соответствующим ведомствам необходимо проявить инициативу по регулированию цен на электроэнергию.

***Ключевые слова:** эволюционная игра, процесс Морана, уравнение RD, торги электроэнергетической компании, моделирование в Matlab.*

Chapter 1. Introduction

1.1. Background and significance of the selected topic

Since 2002, the government has introduced a series of initiatives such as competitive grid access, renewable energy access and pilot direct trading between users and power generation companies, which have fundamentally solved the problems of non-separation of plant and network, directive planning system and non-separation of government and enterprises [1], while at the same time, the market-oriented reform of power grid enterprises has led to a new test of the power trading market.

In this context, the institutions involved in power market decision making are becoming more and more diversified, and a multi-element and multi-body competition situation in the power market is initially formed. In this regard, in addition to traditional grid companies and electricity consumers, new power supply subjects (emerging power sales enterprises), new interest subjects (electric vehicles,

microgrids, distributed power sources, etc. [2]) and other factors will have certain impacts on the power market, making the decision-making behavior of enterprises more complex. First, the type of decision makers involved in the bidding for grid access has developed towards diversification due to the continuous work on grid offers. On the generation side, the aggressive offers of small and medium-sized power producers directly lead to increasingly frequent and intense competition in electricity prices. On the demand side, consumers have a higher sensitivity to electricity pricing as their choice has been released. The change in supply and demand poses certain challenges to the analysis of power companies' behavior, economic forecasting of the power market, and government monitoring and regulation. Secondly, the change in the form of direct transactions with electricity customers and the willingness of electricity consumers to purchase will prompt power generation manufacturers in the upstream to enter the electricity sales market directly to conduct direct transactions with consumers. The change of electricity sales method will have a great impact on the profit distribution and price decision of power generation and electricity sales enterprises. Therefore, in the above context, it is of great significance to analyze the long-term bidding decisions of power generators for the long-term development of the electricity market.

Facing such a multi-subject and multi-objective decision optimization problem, game theory is an efficient and powerful mathematical model [3]. In general, a game is a process in which two or more decision makers make the best response when facing the stakes, so as to obtain the maximum profit or pay the minimum reward. Unlike other optimal methods or dominance theories, game theory focuses on the dynamic decision-making behavior between different decision makers. They interact with each other, and the behavior strategy of one group in the group is "controlled" by the strategies of other groups. Game theory refers to the study of repeated strategy games between different individuals, starting from finite rationality and taking the participants of the population as the object of study. Its basic structure is divided into game parties, game strategies and game benefits.

The research in this paper has the following important practical value. Give full play to the special advantages of stochastic evolutionary game theory: especially the two characteristics of limited information and bounded rationality, establish a two-group, two-strategy evolutionary game system based on the general situation; then, on the basis of this system, the Moran process is applied to the study of power generation Strategy evolution in enterprise groups, according to Moran's principle of birth and death [4], calculates the evolution stable equilibrium of different bidding strategies in bounded rational power generation enterprises, and effectively characterizes the expected return function of their bidding strategies. The research work done in this paper is conducive to promoting the healthy development of the power market, making the bidding process of power plants in a healthy gaming environment, and also providing some theoretical data support for the relevant government departments to forecast the market economy and supervise power auctions.

1.2 Domestic and international research

1.2.1 The development of game theory and evolutionary game theory

In fact, the earliest research on game theory can be traced back to Zermelo's research in 1913, followed by similar research by Borel and John von Neumann in 1921 and 1928, respectively [5]. Oskar Morgenstern and John von Neumann together

published" Theory of Games and Economic Behavior" [6] marked the formal establishment of the game theory system. During the 1940s and 1950s, John Forhes Nash Jr published a series of works on non-cooperative game theory that marked the formalization of non-cooperative game theory. established [7], [8]. From the 1950s to the 1970s, Maynard Smith and other researchers successively proposed evolutionary game theory, differential game theory, strong equilibrium theory, Bayesian Nash equilibrium, repeated game theory, belief game theory, etc. Then from the 1980s to the present, game theory has gradually matured and has been applied to economic fields such as microeconomics, macroeconomics, and business decision-making, or social fields such as politics, military [9], and law, and even natural sciences such as biodiversity. At the same time, more types of game theories and mathematical models have been proposed by relevant researchers and applied to more horizontal fields. Throughout the development of game theory, experts divide game theory into three categories: cooperative game theory [10]-[12], non-cooperative game theory and evolutionary game theory [13].

Among the three types of game theories mentioned above, cooperative game theory was first proposed. Under this model, members can jointly formulate a constrained agreement. Its basic concepts are "alliance" and "distribution". The core of the concept of "alliance" is to explore the cooperation between members. At this time, the overall interests of an alliance will be more than when a single member operates independently; the core of the concept of "distribution" is to study how to combine the Additional benefits are shared, and at this time, a member's benefits from the alliance are greater than or equal to its own operating benefits. "Shapley value" concept [14] and Nash bargaining game theory [11] [12] are the two core members of cooperative game theory. Nash's research is a typical non-cooperative game theory, in which the game model does not have any mandatory constraints. It includes two types: Static non-cooperative game theory and dynamic non-cooperative game theory. Dynamic non-cooperative game theory. The Nash equilibrium theory [7], [8], which appeared in the 1950s, has become the most important concept in non-cooperative game theory.

As mentioned above, the common forms of games are cooperative games, evolutionary games and noncooperative games, and the next discussion describes the classification of game theory in different perspectives, as shown in Table 1-1.

Table 1-1

Description of the classification of game theory in different perspectives

Game Perspective	Game Expression Form
Differences in player behavior logic	Cooperative game theory and non-cooperative game theory
Structure of payment information	Complete information game and incomplete information game
Process	Repeated game [17], static game and dynamic game
The rationality of the participants	Cooperative games, non-cooperative games, perfectly rational games, and finite ideal games (such as evolutionary games)
Payoff	Zero-sum games, non-zero-sum games
Number of participants	Single-player, two-player, and multiplayer games

Among them, non-cooperative games can be further subdivided as in Table 1-2.

Table 1-2

Nash equilibria in noncooperative games

Game Form	Corresponding Nash Equilibrium Form
Complete information dynamic game	Subgame Refinement Nash Equilibrium [15]
Complete information static game	Mixed Strategy Nash Equilibrium
Incomplete information dynamic game	Refined Bayesian Nash Equilibrium
Incomplete information static game	Bayesian Nash Equilibrium [16]

1.2.2 Game Theory and Evolutionary Game Theory in Electricity Market

In an open grid environment, game theory has been widely used to study the modeling of the grid and the pricing decision behavior of electric utilities. In the literature [18], a Stackelberg-based dynamical game theory model is constructed based on a demand-side management approach with real-time prices applied by electricity sellers in multiple regions and serving multiple customers, and the real-time price strategy of each grid seller is solved using this approach, and the equilibrium point within its system is given. The correctness and validity of the method are demonstrated through example simulations of the method, and the influence of relevant factors on the electricity prices in the electricity market is explained. The literature [19] modeled the fault load pattern of different power supply enterprises as a discrete distributed random variable based on different grid customers' power supply demands, and then built an energy access model of grid enterprises based on incomplete information using incomplete interruptible loads on this basis. The collaborative evolutionary approach is extended and refined according to the characteristics of incomplete information game theory and applied to the Bayesian Nash equilibrium problem.

The research on game theory in electricity markets was mentioned above, and the application of evolutionary game theory in it at home and abroad is discussed below. Ladjici et al [21] developed an equilibrium computational model for solving two-level stochastic games using the coevolutionary game algorithm. The literature [20] simulated the sales of power generators in the grid based on evolutionary game theory. Using the theory of evolutionary game theory, the literature [22] investigated the bidding decision behavior of power generation manufacturers, proposed the inevitability and feasibility of state regulation of the electricity market, and explored the idea of developing a grid offer system. The literature [23] constructs a co-evolutionary game model of power generation vendors and power companies and analyzes its dynamics evolution mathematically. On this basis, the role of parameters such as traditional energy tariffs, subsidy rates, marginal costs of initial inputs, and allocation factors of initial inputs on the evolution of the system was theoretically

analyzed. In the literature [24], by analyzing the dynamics evolution model of the electricity market and combining various constraints of the grid, a countermeasure equilibrium for the evolution of the electricity market based on different behavioral strategies is proposed; by conducting an in-depth study on the evolution mechanisms of equilibrium, cyclicality and chaos in the electricity market, a feedback control strategy based on cyclicality or chaos is introduced on this basis, which greatly enhances the competitiveness and stability. In the literature [25], a simulation analysis of the competitive decision of Southern Power Grid and power generation companies was conducted on the basis of a multi-group RD game model. In [26], the Multi-group replication dynamic game model is used to simulate the offers of different power generating companies for different power station states and evaluate them quantitatively with examples. The literature [27] developed RD models for two generators on the basis of which diversification services are studied. The literature [28] describes the importance of strengthening the implementation of demand-side control in China at present, and analyzes the stability of demand-side monitoring models through the evolutionary trend of RD equations. The literature [29] investigates the interaction between distribution networks and micro-networks, analyzes their respective operational benefits, and creates a cooperative evolutionary game based algorithm (CGA) by integrating cooperative evolutionary algorithms with evolutionary games. In [30], an evolutionary game model is used to study the decision -making behavior between the government and the grid, and between the government and the electricity consumers from the perspective of the electricity market, so as to provide data support for the demand-side monitoring of the electricity market.

The main differences between classical game theory and evolutionary game theory in domestic and international research are as follows. In classical game theory, participants are perfectly rational individuals; the dynamic process does not consider the influence of external environment on the equilibrium point; the system is usually in equilibrium because the participants are perfectly rational and fully informed. In evolutionary game theory, participants are a finite rational population; the dynamic process is the evolution of participants' decision-making behavior to ESS, and the influence of external factors on this process is taken into account; since participants are regarded as imperfectly rational and imperfectly informed, it must take a gradual process to reach equilibrium from disequilibrium, so the equilibrium point within the system does not necessarily exist or exists only transiently.

In general, there is not much research on the bidding decision of power producers based on stochastic evolutionary game theory model in China, and it is quite necessary to study the bidding decision in the increasingly complex environment of power market. Therefore, in this paper, we adopt a stochastic evolutionary game model based on the Moran process to analyze the long-term bidding strategies of power producers from this perspective.

1.3 Main work of this paper

Against the above background, this paper carries out the following work.

1) Introduction. The background of this paper is introduced and the importance of using stochastic evolutionary game models to analyze the long-term bidding

decisions of power producers is explained. A general summary of the development of game theory and evolutionary game theory is presented, and their application studies in the electricity market are introduced.

2) Overview of evolutionary game theory and related models. This chapter provides a detailed introduction to evolutionary game theory from concepts to mathematical models. The meaning of the replicator dynamic equation is described and the derivation process is elaborated. Finally, the stability analysis method about the equilibrium point of the evolutionary stabilization strategy is given to pave the way for the subsequent research work.

3) Chapter 3 analyzes the general case of two-group two-strategy symmetric (2P2S-SEG) and asymmetric (2P2S-AEG) game models in the general case, gives the stability conditions of the equilibrium point within the corresponding system, and does a large number of long-term evolutionary dynamic simulations based on deterministic replicator dynamic equations.

4) Chapter 4 briefly describes the stochastic evolutionary game theory and gives the derivation process of the relevant mathematical model equations. Then the RD equation based on Moran process is derived and compared with the RD equation of traditional evolutionary games.

5) Based on the research in the previous chapters, a final qualitative and quantitative analysis is carried out to compare the trend of strategic convergence between the ordinary RD equation and the Moran process-based RD equation for the long-term bidding process of power producers based on Chapter 4.

Chapter 2. Overview of evolutionary game theory and related models

2.1 Evolutionary game theory

2.1.1 From game theory to decision theory

The first theorem of game theory was based on the game of chess. The modern game theory research is mainly concerned with economic fields such as microeconomics, macroeconomics, business decisions, or social fields such as politics, military, law, and even natural sciences such as biodiversity. Game theory is concerned with the decision-making behavior between participants in these fields, and most of the research focuses on business decisions with strategic interactions and stakes.

2.1.2 Two-oligopoly price-cutting competition model

The strategic behavior of price cutting to compete for market is a very common behavior in market competition, but such a decision may not be the most beneficial strategy for themselves, and the price of a manufacturer who adopts this strategy may invite a joint counterattack from other manufacturers, and the first manufacturer to adopt this strategy may be counterproductive. A simple two-oligopoly price competition model is used here to illustrate this problem.

The two oligopolies are now defined as giants in the power industry: company A and company B in the electric power industry. They are selling electric power in the same area at the same time. When they both set high prices at the beginning, resulting in dismal performance, it is possible that one of them will take the decision to reduce prices to compete for market share and increase profits. But this action may be retaliated by the rival. Suppose two electric power companies adopt the "high price"

strategy at the same time, each can gain 1.2 million profit; suppose If company A alone reduces the price, that is, alone adopts the strategy of "low price", it can get 1.5 million profit, then then company A's profit will be reduced to 300,000 yuan because its market share is eaten away; and if company A also adopts the "low price" strategy, then the two electric power companies will be able to get a profit of 1.5 million yuan each. If company A also adopts the strategy of "low price", then the profit of both electric power companies is only 600,000 yuan.

Table 2-1

Oligarch Income Matrix

Policy makers and their benefits		Electric Power Company A	
		High price	Low price
Electric Power Company B	High price	120，120	30，150
	Low price	150，30	60，60

This game problem can be represented by the payoff matrix as shown in Table 2-1. Let's analyze this model: If company A adopts the strategy of "high price", company B will get 1.2 million yuan by adopting the "high price" and 1.5 million yuan by adopting the low price. Therefore, company B will adopt the low price; if company A adopts the "low price" strategy, company B will get 300,000 yuan by adopting the "high price" strategy. If company A adopts the strategy of "low price", company B's gain is 300,000 yuan by adopting the "high price" and 600,000 yuan by adopting the "low price", so it can be predicted that company B will adopt the strategy of "low price". Using the same method to analyze the strategy of Company A, we can also learn that no matter what strategy Company B adopts, company A should choose the "low price" strategy. Therefore, the final result of this game is that both electric power companies adopt the "low price" strategy, and both sides benefit from 600,000 yuan.

This is the inevitable result of the decision making behavior of the two parties according to the principle of individual rationality. Although this result is not optimal for both parties, because both oligarchs have to prevent the other party from taking advantage of their cooperative spirit, it is impossible for both parties to insist on the "high price" strategy, and the optimal solution of 1.2 million yuan for both parties is impossible to achieve. This is the game relationship of the prisoner's dilemma [31].

2.1.3 The basic structure of the evolutionary game

This is the inevitable result of the decision making behavior of the two parties according to the principle of individual rationality. Although this result is not optimal for both parties, because both oligarchs have to prevent the other party from taking advantage of their cooperative spirit, it is impossible for both parties to insist on the "high price" strategy, and the optimal solution of 1.2 million yuan for both parties is impossible to achieve. This is the game relationship of the prisoner's dilemma [31].

2.1.3 The basic structure of the evolutionary game

(1) Game parties

One of the most basic components of the game problem is the participants of the game, also known as "game parties" (players). According to the introduction in Chapter 1, it is known that the number of players can be divided into "single-player games", "two-player games" and "multi-player games".

The single-player game is simpler because there is no feedback from other players. In such a game system, the more knowledge or information a participant has, the better, because it will make the best decision for itself in this setting. This conclusion does not necessarily hold when it comes to two-party games or even multi-party games.

A two-party game, i.e., a game with only two participants. In general, this type of system game is the most widely followed. The two-sided game introduced in the previous subsection is a typical two-sided game, and similar games are also played by King Qi Wei and the Prisoner's Dilemma. Since this paper is about a two-sided game, we will briefly discuss the key features or issues that need to be noted when studying it. First, the conclusion that "the more information you have, the better it is for your own interests" does not apply to two-sided games, because more information does not necessarily lead to more benefits. Second, the participants in this type of game are likely to be in a collaborative relationship. Third, in the process of pursuing the greatest self-interest, the individual is often not guaranteed to achieve the greatest good of society, and most importantly, is often not guaranteed to achieve the greatest good of the individual in the end. The prisoner's dilemma is the most classic example.

A multi-party game is a game in which three or more players make their own decisions. The main characteristics of multi-party games are similar to the three characteristics of two-party games mentioned above, so the ideas and methods used to study two-party games are usually extended to three-party games. Of course, the strategy and interest dependence of multi-party games with more independent decision makers are more complicated to analyze.

(2) Game strategy

Game strategy, that is, the participants involved in the system decision-making focus on the content, based on it to make their own decision-making behavior.

Its main characteristics are two points. First, the number of game strategies in different systems is not necessarily equal. Second, the number of strategies of different players in the same system may not be equal. For example, the game in which the buyer chooses a price in a continuous interval and the seller accepts it or not is a game between an infinite number of optional strategies and two optional strategies.

(3) Game benefits

Gain (payoffs), that is, the main basis for the decision-making behavior of the game. Such games are called "zero-sum games" (zero-sum games) if the total payoffs are zero in all ways of the game [32]. A zero-sum game means that the gain of one party must be the loss of the other party, i.e., the interests of the parties to the game are always opposed to each other. Such games are called "constant-sum games" if the total gain is a non-zero constant in all ways of the game (constant-sum games).

2.1.4 Evolutionary stabilization strategies

Evolutionary game theory has its origins in biological evolution. The concept of evolutionary stable strategy (ESS) [33] was first introduced by John Maynard Smith

(John Maynard Smith), which refers to a strategy adopted by most members of a population that is less beneficial than other strategies. Individual animals often compete or cooperate with each other for various resources (including food, habitat, mates, etc.), but the competition or cooperation is not haphazard, but according to certain behavioral patterns (i.e., strategies).

The basic idea of evolutionary stabilization strategy (ESS) is that if a small mutant group pays more than the individuals in the original group by playing in a mixed group, the small group will have the ability to invade the large group; otherwise, it cannot invade the large group, but tends to disappear in the evolutionary process. Evolutionary stabilization strategy is the core of evolutionary game theory, which emphasizes the study of populations represented by individual diversity variation mechanism and preference selection mechanism in the process of economic change, and it believes that the population chooses the strategy that can obtain the best benefit and eliminate the disturbance of any small mutant population. The replicator dynamic equation describes the evolutionary steady state under the possibility of variation, and the ESS can be solved for different evolutionary paths by means of the fitness function and the Jaconbian matrix.

Evolutionary game theory is a game theory based on the premise of finite rationality of the participants and the study of their final direction under the mutual influence of the decision making behavior among various participants.

Smith [34] proposed evolutionary game theory based on the study of biological evolution, and the concept of ESS was further proposed.

Smith argued that the behavior of each population is programmed as a strategy, and the individuals in the population play a strategy game in the larger population of all populations. If we consider K populations playing against each other, each population k (1, 2, 3, ..., n) has N strategies. The N-dimensional vector set corresponding to population k is:

$$\text{Sk}=\{\text{X}=\left(X_1,\ X_2,\cdots,\ X_N\right) \mid X_i \geqq 0,\ X_1+X_2+\cdots+X_N=1\} \quad (2\text{-}1)$$

The vector set Sk represents the proportion of individuals in population k that adopt each strategy in that population. The fitness function is used to represent the payoff of each population under the game strategy, and the fitness of an individual is expressed as a function of the individual strategy and the current state, and the state is continuously derivable with respect to time. The fitness function is of the form.

$$f(r,s)=\left\{f_1\left(r_1,s\right),f_2\left(r_2,s\right),\cdots,f_k\left(r_k,s\right)\right\} \quad (2\text{-}2)$$

where r_k denotes the mixing strategy of any individual of population k, and s denotes the state.

The process of finding the ESS of a strategy is to use the fitness function to find the average fitness (group average payout) and multiply the difference between it and a certain strategy payout by the strategy probability to obtain the replication dynamic

equation of the growth rate of a specific strategy, and then obtain the corresponding Jaconbian matrix by taking partial derivatives of the unknown probability, and finally determine the specific strategy based on the value of the determinant of the Jaconbian matrix and the trace of the matrix. The final decision is whether the specific strategy is ESS or not.

In the traditional game theory, it is assumed that individuals are perfectly rational and play the game under the condition of perfect information. Evolutionary game theory relaxes the assumption that classical game theory models people as super -rational, and believes that people should be finite rational, and that historical and institutional factors as well as some details of the equilibrium process can affect the choice of multiple equilibria of the game. The evolutionary game examines the generation of rationality from the evolutionary process, and partially argues for the evolutionary rationality in evolutionary economics from mathematical logic. In contrast to classical game theory, which focuses on static equilibrium, evolutionary game theory focuses on the dynamic behavior of an optimal evolutionary stable strategy chosen by all participating individuals after repeated games, and predicts individual behavior. The evolutionary stable strategy believes that the optimal equilibrium of human game is a function of the adjustment of group strategy in the process of equilibrium, which cannot be achieved at the beginning, but must be achieved by trial and error, through a large number of repeated game processes to modify and improve individual strategies. Traditional game theory believes that a game may exist more than one Nash equilibrium, while evolutionary game theory further points out which equilibrium is the real one that can be achieved in reality, that is, ESS is necessarily a Nash equilibrium, and those weaker Nash equilibrium usually can not meet the requirements of ESS is eliminated, ESS is more strict equilibrium than Nash equilibrium.

The average fitness can be found by equation (2-2) to obtain the micro-increase rate of a strategy, and then the Jacobian matrix can be constructed by finding each partial derivative, and then the evolutionary stability criterion based on Lyapunov method can be used to determine whether the strategy is ESS.

2.2 Replicator dynamic model and replicator dynamics equation

The replicator dynamics equation is a mathematical model used to describe the evolution of frequencies of different strategies in a population over time.

The equation can be written as:

$$dx_i/dt = x_i[f_i(x) - \bar{f}(x)]$$

where:

dx_i/dt is the rate of change of the frequency of strategy i over time

x_i is the frequency of strategy i in the population

$f_i(x)$ is the fitness of strategy i, which is a function of the frequencies of all strategies in the population

$\bar{f}(x)$ is the average fitness of the population, which is also a function of the frequencies of all strategies

In simpler terms, the equation states that the rate of change of the frequency of a strategy is proportional to the difference between its own fitness and the average

fitness of the population. If a strategy has a higher fitness than the average, its frequency will increase, and vice versa. This leads to the evolution of the population towards an equilibrium in which all strategies have equal fitness.

In evolutionary game theory, replicator dynamics [35] is one of the most classic models. The replicator dynamics model is one of the most classic models in evolutionary game theory. The replicator dynamics model can well depict the trend of population decision behavior of finite rational individuals in an evolutionary game, and the conclusions derived from it can predict the evolutionary behavior of individuals' decisions more accurately and with better predictability.

Assume that for a population Q, there are several states, and the number of small groups in state i (i=1, 2, 3, ...,) at time t is denoted as *mi* (*t*), and their survival fitness is denoted as ui (t), and the average survival fitness of population Q at time t is denoted as $\bar{u}$ (t), and the proportion of population Q is denoted as xi (t).

This leads to the hypothesis that:

$$\sum_{i=1}^{k_1} x_i(t) = 1,$$
$$x_i(t) = \frac{m_i(t)}{\sum_{i=1}^{k_1} m_i(t)}, \qquad (2\text{-}3)$$
$$\bar{u}(t) = \sum_{i=1}^{k_1} x_i(t) u_i(t).$$

Clearly, the growth rate of a small population in state i is positively related not only to the size of its viability, but also to the size of its own population. In other words:

$$m_i'(t) = \lambda_i m_i(t) u_i(t) \qquad (2\text{-}4)$$

Where as a scaling factor, the meaning is the natural growth rate [36].

We derive the derivatives of both sides of Eqs. (2-3) with respect to t to obtain the replicator dynamics equation (RD equation) for the population Q:

$$x_i'(t) = \frac{m_i'(t)\sum_{i=1}^{k_1} m_i(t) - m_i(t)\sum_{i=1}^{k_1} m_i'(t)}{\left[\sum_{k_1}^{i=1} m_i(t)\right]^2} = \frac{m_i(t)}{\sum_{k_1}^{i=1} m_i(t)}\left[\frac{m_i'(t)}{m_i(t)} - \frac{\sum_{i=1}^{k_1} m_i'(t)}{\sum_{i=1}^{k_1} m_i(t)}\right]$$
$$= \lambda_i x_i\left[u_i - \bar{u} + \sum_{\alpha=1}^{k_1}\left(1 - \frac{\lambda_\alpha}{\lambda_i}\right) x_\alpha u_\alpha\right], \quad i = 1, 2, \cdots, k_1. \qquad (2\text{-}5)$$

Based on this, it can be deduced that the dynamic equation system of replicators in the evolutionary game situation of multiple groups is：

$$\begin{cases} x_i'(t) = \lambda_i x_i \left[u_i - \bar{u} + \sum_{\alpha=1}^{k_1} \left(1 - \frac{\lambda_\alpha}{\lambda_i} \right) x_\alpha u_\alpha \right], & i = 1, 2, \cdots, k_1 \\ y_j'(t) = c_j y_j \left[w_j - \bar{w} + \sum_{\beta=1}^{k_2} \left(1 - \frac{c_\beta}{c_j} \right) y_\beta w_\beta \right], & j = 1, 2, \cdots, k_2, \\ z_h'(t) = p_h z_h \left[v_h - \bar{v} + \sum_{\gamma=1}^{k_m} \left(1 - \frac{p_\gamma}{p_k} \right) z_\gamma v_\gamma \right], & h = 1, 2, \cdots, k_m. \end{cases} \quad (2\text{-}6)$$

Obviously, it is easy to see that when $\lambda_\alpha=\lambda_\beta=1$, $c_j=c_\beta=1$, $p_h=p_\gamma=1$, $1\le i\le k_1$, $1\le j\le k_2$, $1\le h\le k_m$ in formula (2-6), it is equivalent to the replicator dynamic equation in the literature [37]:

$$\begin{cases} x_i'(t) = x_i \left(u_i - \bar{u} \right), & i = 1, 2, \cdots, k_1 \\ y_j'(t) = y_j \left(w_j - \bar{w} \right), & j = 1, 2, \cdots, k_2 \\ z_h'(t) = z_h \left(v_h - \bar{v} \right), & k = 1, 2, \cdots, k_m \end{cases} \quad (2\text{-}7)$$

2.3 Stability Criterion

In the stability analysis of equilibrium points of evolutionary games, the evolutionary stability criterion based on Lyapunov's method is often used. The steps of the judgment method are as follows.

(1) Let the replicator dynamic equation be 0 and find out the set of theoretical equilibrium points.

(2) Use the replicator dynamic equation to obtain the Jacobian matrix.

(3) Find Det(J) and tr(J) of Jacobian matrix, and use their positive and negative values to judge

a) When Det(J) > 0 and tr(J) < 0, the equilibrium is an evolutionary stable strategy.

b) When Det(J) > 0 and tr(J) = 0, the equilibrium is a saddle point (critical equilibrium point, which cannot reach ESS).

c) When Det(J) > 0 and tr(J) > 0, the equilibrium point is an unstable point.

2.4 Summary of this chapter

This chapter is the theoretical foundation, which firstly introduces the origin of game theory and its applications, especially the evolutionary stable strategy (ESS), then introduces the meaning of the replicator dynamic equation and elaborates on the derivation process, and finally gives the stability analysis method about the equilibrium point of the evolutionary stable strategy, which provides a complete set of subsequent work.

Chapter 3: Typical Evolutionary Game Models in General Situations

The evolutionary game theory combines the knowledge of biological evolution and classical game theory, the most significant feature of which is the abandonment of the assumption that "the participants are perfectly rational". In order to facilitate the expression of mathematical models and the study of replication dynamics, the study of evolutionary game theory often chooses to use the replicator dynamics equation (RD equation), so the construction of the RD equation of the population is crucial to the study of this paper. The current research on evolutionary games has analyzed the stability of internal equilibrium points for 2×2 symmetric games as well as for asymmetric games, symmetric games with multiple parties, and replicator dynamics equations for asymmetric games. These analyses have been performed with the agreed assumptions that (1) the number of game groups in the population tends to be infinite and (2) the individuals involved in the game are uniformly mixed.

3.1 Two-group, two-strategy symmetric game model in the general case

3.1.1 Basic model construction and setting of payoff matrix

According to the elaboration of the two-oligopoly bidding model introduced in Chapter 2, a payoff matrix (3-1) can be defined in this way. The implication is that there are two players A and B, both of whom can choose two strategies A and B.

$$\begin{array}{ccc} & & \overbrace{\begin{array}{cc} y & 1-y \end{array}}^{\beta} \\ & & \begin{array}{cc} \text{A} & \text{B} \end{array} \\ \alpha\left\{\begin{array}{c} x \\ 1-x \end{array}\right. & \begin{array}{c} \text{A} \\ \text{B} \end{array} & \begin{bmatrix} (a,a) & (c,d) \\ (b,c) & (d,d) \end{bmatrix} \end{array} \qquad (3\text{-}1)$$

From the introduction of this chapter, it is known that the evolutionary game dynamic model generally studies infinite populations, and the evolutionary replicator dynamic model with different strategy densities is known from equation (2-7).

According to the above payoff matrix, when both individuals adopt strategy A, then their payoff is (a, a); when they both adopt strategy B, then their payoff is (d, d), when they adopt different strategies at the same time, then their payoff is (b, c) or is (c, d).

Now suppose that the probabilities of individuals taking strategy A and strategy B are x_A and x_B, respectively, and because it is a two-strategy symmetric game, there are x and since it is a two-strategy symmetric game, we have $x_A + x_B = 1$.

According to the theoretical basis of replicator dynamics introduced in Chapter 2, we can learn that the payoff functions of individuals taking strategy A and B are shown in equations (3-2) and (3-3), respectively:

$$\pi_A = ax_A + bx_B \tag{3-2}$$

$$\pi_B = cx_A + dx_B \tag{3-3}$$

From equation (2-7), we can then derive the replicator dynamics equation (RD equation) for the two groups and two strategies. The replicator dynamic equation for participant α's choice of strategy A is:

$$\dot{x} = x\ (1-x\ )[(a-b-c+d)y+b-d] \tag{3-4}$$

The replicator dynamic equation for participant β's choice of strategy A is:

$$\dot{y} = y\ (1-y\ )[(a-b-c+d)x+b-d] \tag{3-5}$$

According to the stability criterion introduced in Section 2.3, we make (3-4) equal to 0, which leads to three internal equilibria, two of which are fixed x 1 and x 0 , and the other equilibrium point is

$$x^* = \frac{d-b}{a-b-c+d} \tag{3-6}$$

From equation (3-4), four evolutionary stable states can be classified as:

(1) Neutral

When a=b and b=d, the state is defined as neutral. Each point of the replicated dynamic prediction is a neutral and stable fixed point.

(2) Coexistence

When a<c and b>d, the state is defined as coexistence. The implication is that at this moment, strategy A and strategy B of the population coexist in a fixed ratio, i.e., there is a stable equilibrium between A and B. Then the two fixed points x 1 and x 0 are non-stable points.

(3) Monostable

The population has only one strategy that is optimal, i.e., in this case, one strategy is always better than the other (two-sided two-strategy game), regardless of the operation of both sides of the game.

(4) Bistable

If a>c and b<d, then the internal equilibrium point x is unstable and the boundary points x 1 and x 0 attract each other and are two stable fixed points. This situation is defined as bistable, and such games are also called reconciliation games.

3.1.2 Evolutionary stability theory analysis

According to the replicator dynamic equations (3-4) and (3-5), the corresponding Jacobian matrices can be derived

$$\boldsymbol{J}_1 = \begin{bmatrix} (1-2x)[(a-b-c+d)y+(b-d)] & x(1-x)(a-b-c+d) \\ y(1-y)(a-b-c+d) & (1-2y)[(a-b-c+d)x+(b-d)] \end{bmatrix} \tag{3-7}$$

Obviously, the determinant and trace of the matrix can be obtained:

$$\begin{cases} \mathrm{Det}(\boldsymbol{J}_1) = (1-2x)(1-2y)[(a-b-c+d)x+(b-d)][(a-b-c+d)y+(b-d)] - \\ \qquad xy(1-x)(1-y)[(a-b-c+d)]^2 \\ \mathrm{tr}(\boldsymbol{J}_1) = (1-2x)[(a-b-c+d)y+(b-d)]+(1-2y)[(a-b-c+d)x+(b-d)] \end{cases} \tag{3-8}$$

Next, the stability analysis under different parameters can be calculated according to Chapter 2.3, as shown in Table 3-1 below.

Table 3-1

Analysis of stability points under different parameters

(x, y)	$\mathrm{Det}(\boldsymbol{J}_1)$	$\mathrm{tr}(\boldsymbol{J}_1)$	Evolutionary Stability Condition
(0, 0)	$(\mathrm{b}-d)^2$	$2(b-d)$	$b<d$
(0, 1)	$-(a-c)(b-d)$	$(a-c)-(b-d)$	$a<c, b>d$
(1, 0)	$-(a-c)(b-d)$	$(a-c)-(b-d)$	$a<c, b>d$
(1, 1)	$(a-c)^2$	$-2(a-c)$	$a>c$
(x^*, y^*)	$-\dfrac{[(a-c)(b-d)]^2}{(a-b-c+d)^2}$	0	/

3.1.3 Simulation analysis of evolutionary stability

In the previous subsection, the computational results of the 2P2S-SEG for the general case at each internal equilibrium point were discussed. It is known that there are 5 internal equilibria and the final stability of the equilibria depends on the 4 parameters of the payoff matrix. The evolutionary stability conditions for each internal equilibrium point are given in Table 3-1.

Next, the simulation is performed on Matlab. The simulation scenario can take 7 representative payoff parameters, which are (4, 3, 4, 5), (2, 3, 4, 9), (4, 5, 2, 5), (4, 5, 4, 5), (2, 5, 4, 5), (5, 8, 2, 3), they correspond to Case1, Case2, Case3, Case4, Case5, and Case6, respectively. For each set of parameter simulations, the initial values of (x, y) are obtained in the decision space [0, 1] × [0, 1] at 1/30 intervals in turn. The red solid dots in each graph are the evolutionary stability equilibrium points ESS, the blue solid dots are the critical equilibrium points, and the green solid dots are the evolutionary instability points. If similar points appear in the subsequent graphs, they are not repeated.

From Table 3-1, the evolutionary stability points of each scenario can be discussed as follows.

Case1: (0, 0) is the evolutionary stable equilibrium point (ESS), the rest are unstable points or saddle points.

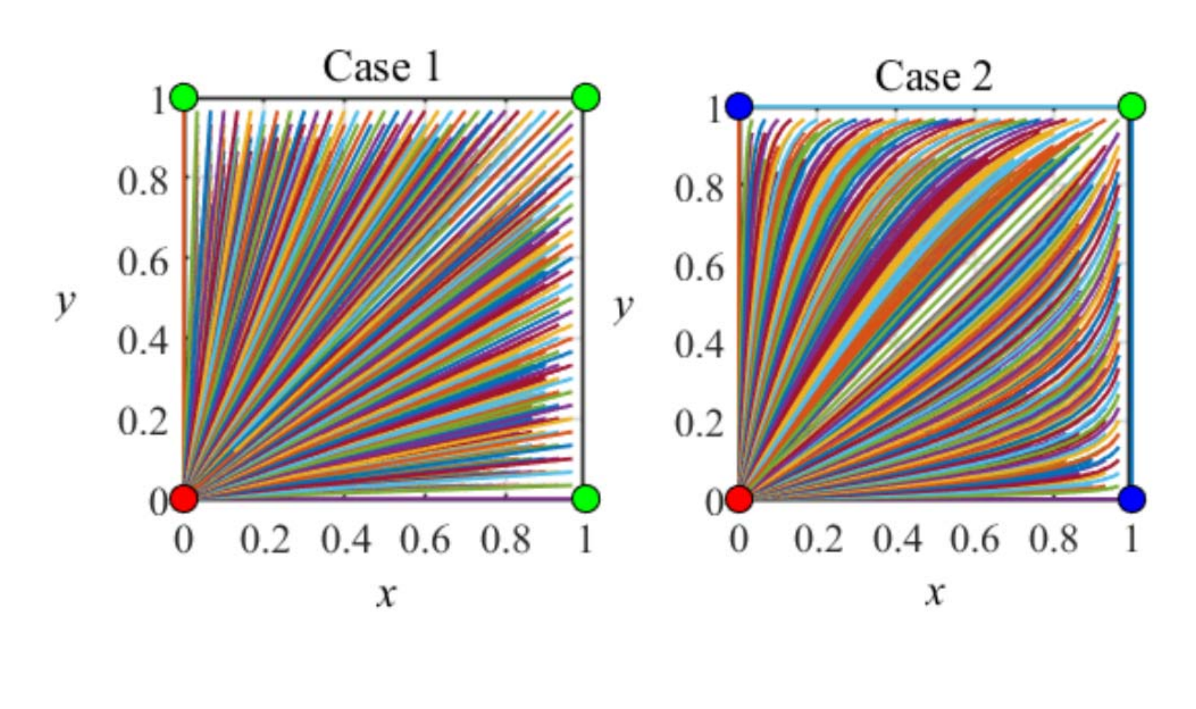
Case2: (0, 0) is the evolutionary stable equilibrium point (ESS), and the rest are unstable points or saddle points.

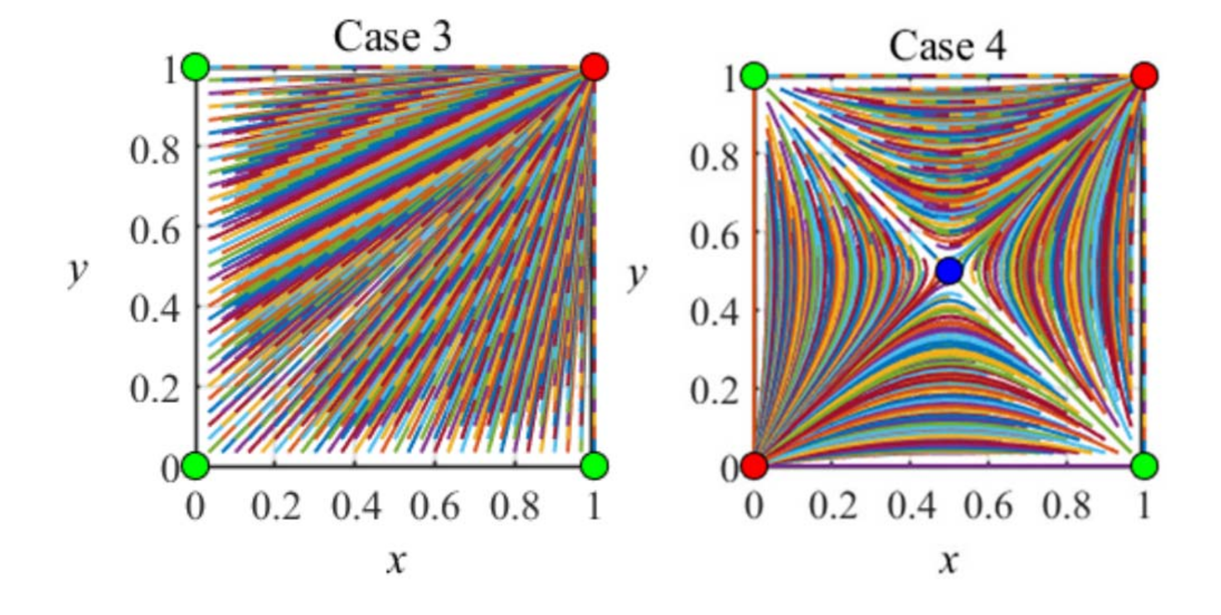
Case3: (1, 1) is the evolutionary stable equilibrium point (ESS), and the rest are unstable points or saddle points.

Case4: (0, 0) and (1, 1) are ESS, and the rest are unstable or saddle points.

Case5: The 5 equilibria of Case5 are all evolutionary instability points.

Case6: is the evolutionary stable equilibrium point (ESS), and the rest are unstable points or saddle points.





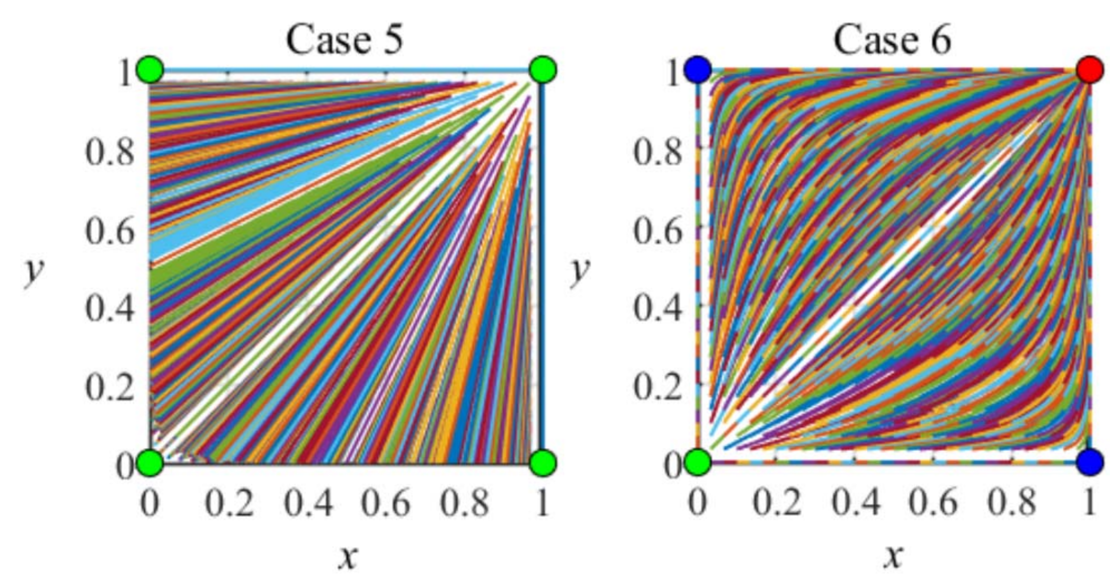


Fig. 3-1 Long-term evolutionary stable strategy dynamic simulation of two groups and two strategies symmetry in general case with 961 simulations

From Figure 3-1, it can be easily concluded that the final trend of the dynamic simulation of the evolutionary equilibrium point is consistent with the theoretical analysis.

This effectively verifies the correctness and validity of the theoretical analysis in Section 3.1.2. Take Case2 in Figure 3-1 as an example. The equilibrium point of the two-group two-strategy symmetric game in general depends on the values of a c, b d and a b c d. From Table 3-1, we can see that the equilibrium point of the two-group two-strategy symmetric game in general is stable or not. The parameters of the payoff matrix for Case2 are (a, b, c, d) = (2, 3, 4, 9). Firstly for participant α, at (0, 0) the eigenvalues of the Jacobian matrix must be greater than 0. Since (b d) is less than 0, it is satisfied that the matrix trace is less than 0, it can be judged that (0, 0) must be an evolutionary stable strategy and a strictly refined Nash equilibrium, so the system decision curve in Case2 spontaneously converges at (0, 0) and is the red solid circle point representing the ESS. At (0, 1) and (1, 0), a c but b d , the stability conditions for a c, b d cannot be satisfied, so the solid blue circles in Case2 represent two saddle points (critical stability points) at (x , y) = (1, 1) represents the unstable point of the system, as the green solid circle in Case2.

3.2 Two-group, two-strategy asymmetric game model for the general case

3.2.1 Basic model construction and payoff matrix setting

In the previous subsection, the two-group, two-strategy symmetric game model (2P2S-SEG) in the general case was studied in detail, and a detailed theoretical analysis of the evolutionary equilibrium point and dynamic simulation were given. In this section, the long-term evolutionary equilibrium properties of the two-group two-strategy symmetric game model (2P2S-AEG) in the general case will be studied.

$$\begin{array}{ccc} & \multicolumn{2}{c}{\overbrace{\begin{array}{cc} y & 1-y \end{array}}^{\beta}} \\ & A_2 & B_2 \\ \alpha\begin{cases} x & A_1 \\ 1-x & B_1 \end{cases} & \multicolumn{2}{c}{\begin{bmatrix} (a,b) & (c,d) \\ (e,f) & (g,h) \end{bmatrix}} \end{array} \quad (3\text{-}9)$$

According to the above payoff matrix (3-9), when both individuals adopt strategy A, then their payoffs are (a, b); when they both adopt strategy B, then their payoffs are (g, h), and when they adopt different strategies at the same time, then their payoffs are (e, f) or (c, d).

Based on this and the replicator dynamics equation (RD equation) derived in Section 2.2, one can derive the system 2P2S-AEG's RD equation.

The replicator dynamic equation for participant α's choice of strategy A is:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= x(1-x)[ay+c-cy-ey-g+gy] \\ &= x(1-x)[(a-c-e+g)y+(c-g)] \end{aligned} \quad (3\text{-}10)$$

The replicator dynamic equation for participant β choosing strategy A is:

$$\begin{aligned} \dot{y} &= y(1-y)[bx+f-fx-dx-h+hx] \\ &= y(1-y)[(b-f-d+h)x+(f-h)] \end{aligned} \quad (3\text{-}11)$$

3.2.2 Evolutionary stability theory analysis

According to the replicator dynamic equations (3-10) and (3-11), their corresponding Jacobian matrices can be derived

$$\boldsymbol{J}_2 = \begin{bmatrix} (1-2x)[(a-c-e+g)y+(c-g)] & x(1-x)(a-c-e+g) \\ y(1-y)(b-f-d+h) & (1-2y)[(b-f-d+h)x+(f-h)] \end{bmatrix} \quad (3\text{-}12)$$

It is obvious that the determinant and trace of the matrix can be obtained as follows.

$$\begin{cases} \mathrm{Det}(\boldsymbol{J}_2) = (1-2x)(1-2y)[(b-f-d+h)x+(f-h)][(a-c-e+g)y+(c-g)] \\ \qquad -xy(1-x)(1-y)(a-c-e+g)(b-f-d+h) \\ \mathrm{tr}(\boldsymbol{J}_2) = (1-2x)[(a-c-e+g)y+(c-g)]+(1-2y)[(b-f-d+h)x+(f-h)] \end{cases} \quad (3\text{-}13)$$

The stability analysis for different parameters can then be calculated according to Section 2.3 as shown in Table 3-2 below.

Table 3-2

Stability point analysis for different parameters

(x, y)	$\mathrm{Det}(J_2)$	$\mathrm{tr}(J_2)$	Evolutionary Stability Condition
(0, 0)	$(c-g)(f-h)$	$(c-g)+(f-h)$	$c<g, f<h$
(0, 1)	$-(a-e)(f-h)$	$(a-e)-(f-h)$	$a<e, f>h$
(1, 0)	$-(b-d)(c-g)$	$(b-d)-(c-g)$	$b<d, c>g$
(1, 1)	$(a-e)(b-d)$	$-(a-e)-(b-d)$	$a>e, b>d$
(x^*, y^*)	$-\frac{(a-e)(b-d)(f-h)(c-g)}{(a-c-e+g)(b-f-d+h)}$	0	/

Letting (3-10) and (3-11) be 0, the five internal equilibrium points in Table 3-2 can be derived, and the stability conditions of the evolutionary stability strategy (ESS) are calculated according to the evolutionary stability criterion based on Lyapunov method in Section 2.3.

3.2.3 Evolutionary stability simulation analysis

In the previous subsection, the results of the general case 2P2S-AEG are discussed at each internal equilibrium point. It is known that there are 5 internal equilibria and the final stability of the equilibria depends on the 8 parameters of the payoff matrix. The final stability of the equilibrium depends on 8 parameters of the payoff matrix. The evolutionary stability conditions for each internal equilibrium are given in Table 3-2.

Next, the simulation is performed on MATLAB. The simulation scenarios can take 8 representative payoff parameters, which are as follows

Case1: (a,b, c, d, e, f , g, h) = (5, 4, 3, 2, 1, 6, 7, 8)
Case2: (a,b, c, d, e, f , g, h) = (1, 2, 5, 3, 3, 5, 3, 2)
Case3: (a,b, c, d, e, f , g, h) = (1, 4, 3, 2, 5, 6, 7, 8)
Case4: (a,b, c, d, e, f , g, h) = (1, 3, 4, 2, 5, 8, 3, 6)
Case5: (a,b, c, d, e, f , g, h) = (5, 2, 7, 4, 1, 8, 3, 6)
Case6: (a,b, c, d, e, f , g, h) = (5, 4, 7, 2, 1, 6, 3, 8)
Case7: (a,b, c, d, e, f , g, h) = (1, 4, 7, 2, 5, 6, 3, 8)
Case8: (a,b, c, d, e, f , g, h) = (3, 2, 3, 4, 1, 4, 5, 2)

For each set of parameter simulations, the initial values of (x, y) are in the decision space at intervals of 1/30. The initial values of (x, y) are obtained in the decision space [0,1]×[0,1].

From Table 3-2, the evolutionary stability points of each scenario can be discussed as follows.

Case1: (0, 0), (1, 1) are evolutionary stable equilibrium points (ESS), the rest are unstable points or saddle points

Case2: (0, 1), (1, 0) are evolutionary stable equilibrium points (ESS), and the rest are unstable points or saddle points.

Case3: (0, 0) is the evolutionary stable equilibrium point (ESS), and the rest are unstable points or saddle points.

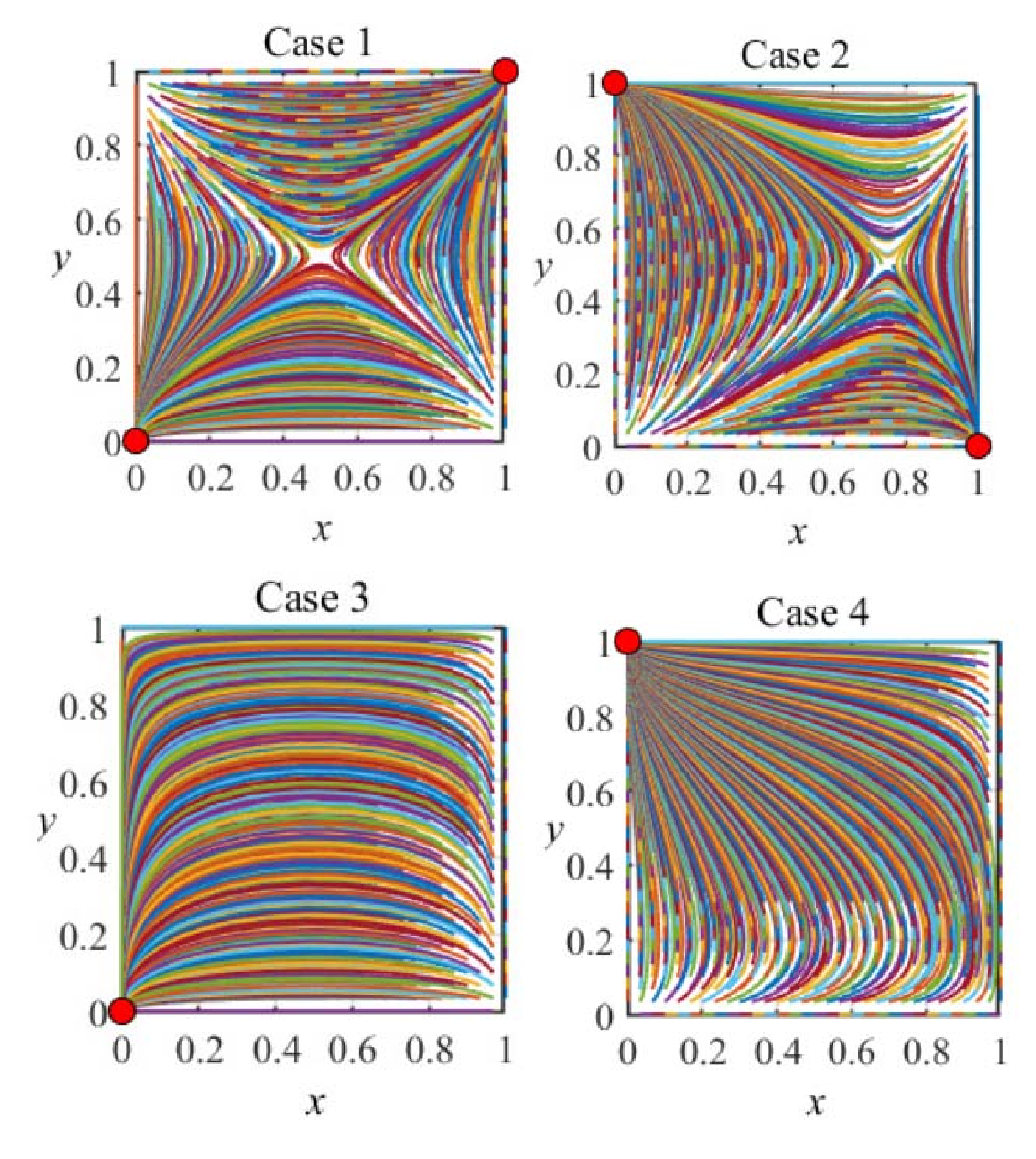
Case4: (0, 1) is the evolutionary stable equilibrium point (ESS), and the rest are unstable points or saddle points.

Case5: (1, 0) is the evolutionary stable equilibrium point (ESS), and the rest are unstable points or saddle points.

Case6: (1, 1) is the evolutionary stable equilibrium point (ESS), and the rest are unstable points or saddle points.

Case7 and Case8 According to the evolutionary stability criterion, the system cannot reach the evolutionary stability strategy (ESS). The following simulation diagram also shows that there is no convergence of the internal equilibrium points.

From Figure 3-2, it can be easily concluded that the final trend of the dynamic simulation of the evolutionary equilibrium point is consistent with the theoretical analysis, which effectively verifies the correctness and validity of the theoretical analysis in Section 3.2.2.



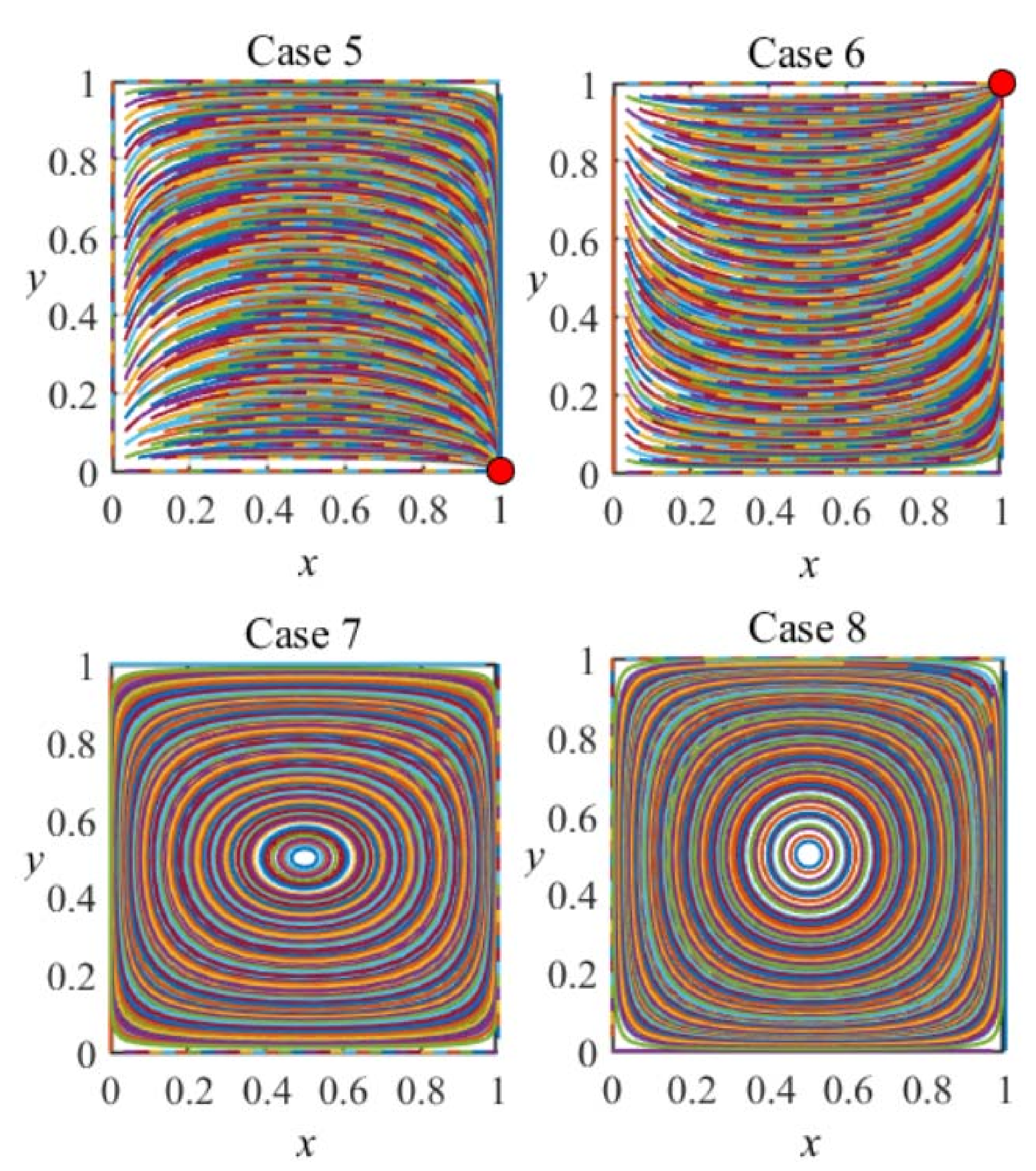


Fig. 3-2 Long-term evolutionary stable strategy dynamic simulation of two groups and two strategies asymmetric in general case with 961 simulations

The following is an example of Case5. In the figure, (1, 1) and (0, 0) and (x, y) are unstable equilibrium points, and (0, 1) is the critical stable point. For participant α, it adopts the payoff parameters (c g) 0 and (a e) 0 for strategy A_1, and participant α ends up adopting strategy A_2 or B_2 regardless of whether participant β adopts it. participant α will still adopt strategy A_1. For participant β, it takes the payoff parameters (f - h) 0 and (b d) 0 of strategy A_2. (b d) 0, at this time, whether participant α takes strategy A_1 or strategy B_1, participant β will finally choose the opposite of strategy A_2, i.e., strategy B_2. Therefore, to summarize the above analysis, for the parameters of Case5 (a, b, c, d, e, f , g, h) = (5, 2, 7, 4, 1, 8, 3, 6), participant α will finally choose strategy A_1 and participant β will choose strategy B_2. The solid red dot in Case5 represents the spontaneous convergence of the system's decision curves at (1, 0) where the ESS is reached.

3.3 Summary of this chapter

This chapter introduced the two-group, two-strategy symmetric (2P2S-SEG) and asymmetric (2P2S-AEG) game models in the general case, gave detailed conditions for the stability of the equilibrium point within the corresponding system, and did a large number of long-term evolutionary dynamic simulations based on the deterministic replicator dynamic equations to verify the correctness of the theoretical analysis.

Chapter 4: Stochastic evolutionary game model based on Moran process

According to the introduction of Chapter 3, it is known that classical evolutionary game theory is mostly based on infinite populations with homogeneous mixture of strategies. When studying the decision behavior of such populations, differential equations (RD equations) are good mathematical tools because they can predict the direction of the population decision behavior more accurately.

At the beginning, in the 1970s, evolutionary game theory emerged and was used by most scholars to study deterministic game models with continuous state spaces. In recent years, new directions and trends have emerged in the study of evolutionary games: evolutionary games with stochasticity and discrete state spaces. In the decision space with limited number of populations, the role of stochasticity is important and is a factor that cannot be ignored. Thus, the focus of modern game research is almost always gathered on stochastic evolutionary games.

4.1 Stochastic evolutionary game model

4.1.1 The basic concept of stochastic evolutionary game

Assume that each individual in a finite population can choose either strategy A or strategy B. The steps of a stochastic evolutionary game are as follows.

1) Start (set parameters).

2) Generate the population.

3) Initially strategies A and B are distributed in a certain ratio.

4) Play with all neighbors through the payoff matrix and get the payoff.

5) Update the strategies with probability w according to the evolutionary dynamics strategy rules.

6) Determine whether the system has reached a stable state internally according to the stability criterion. If the logic is 1, then the next step. If the logic is 0, go back to step 4).

7) Count the percentage of cooperation.

8) Output the game parameters.

As mentioned in the previous subsection, fixed probability and fixed time are the two determinants of stochastic evolutionary games. Among them, the concept of fixed probability is stated as follows.

Assume that there are N populations in the space. First define ∂_j, meaning the probability from the current system with j taking A strategy, to the system with all populations inside taking A strategy. Then for the absorbing state [39] j = 0 and j = N there are $\partial_i = 0$ as well as $\partial_N = 1$. The fixed probability at this point is

$$\partial_j = T_j^- \partial_{j-1} + \left(1 - T_j^- - T_j^+\right)\partial_j + T_j^+ \partial_{j+1} \quad (4\text{-}1)$$

where T_j^+ and T_j^- imply that the system state at this time has j populations that adopt the A strategy, respectively, and the number of populations that adopt the A strategy increases or decreases the number of populations by one

$$0 = -T_j^- \left(\partial_j - \partial_{j-1}\right) + T_j^+ \left(\partial_{j+1} - \partial_j\right) \tag{4-2}$$

where

$$y_j = \partial_j - \partial_{j-1} \tag{4-3}$$

Based on this, equation (4-2) can then be written as a recursive equation for a fixed probability difference $y_{j+1} = \gamma_j y_j$, and have $\gamma_j = T_j^- / T_j^+$, and so on in a similar iterative fashion:

$$\begin{aligned} y_1 &= \partial_1 - \partial_0 = \partial_1 \\ y_2 &= \partial_2 - \partial_1 = \gamma_1 \partial_1 \end{aligned} \tag{4-4}$$

Then for any y_k, we have

$$y_k = \partial_k - \partial_{k-1} = \partial_1 \prod_{j=1}^{k-1} \gamma_j \tag{4-5}$$

Summing over y_j, we have

$$\sum_{k=1}^{N} y_k = \partial_1 - \partial_0 + \partial_2 - \partial_1 + \partial_3 - \partial_2 + \ldots + \partial_N - \partial_{N-1} = 1 \tag{4-6}$$

Using the above equation, we can derive the fixed probability ∂_1 that only one population adopts strategy A:

$$\partial_1 = \frac{1}{1 + \sum_{k=1}^{N-1} \prod_{j=1}^{k} \gamma_j} \tag{4-7}$$

Then the fixed probability for any i is

$$\partial_i = \sum_{k=1}^{i} y_k = \partial_1 \sum_{k=1}^{i} \prod_{j=1}^{k-1} \gamma_j = \frac{1 + \sum_{k=1}^{i-1} \prod_{j=1}^{k} \gamma_j}{1 + \sum_{k=1}^{N-1} \prod_{j=1}^{k} \gamma_j} \tag{4-8}$$

When it is a neutral choice with $T_j^+ = T_j^-$, then the fixed probability $\partial_i = i / N$.

4.1.2 A brief description of the Moran process

This process was first proposed in 1958 by P.A.P. Moran, an expert in the genetics of biological populations. The Moran process can be summarized as follows process can be summarized as the following three steps.

(1) Selection: Individuals are randomly selected for reproduction based on the magnitude of the gain of individuals adopting different strategies.

(2) Reproduction: The next generation is reproduced based on the results of the selection.

(3) Substitution: Replacing the randomly selected individuals with the resulting next generation.

4.1.3 Replicator dynamics equation based on Moran process

We investigate the two-group, two-strategy symmetric game model for the general case, and the payoff matrix of the game is shown in equation (3-1).

Suppose there are N individuals in the group in the space, among which i individuals take strategy A. Then the individual adaptation of taking strategy A can be defined as

$$f_i = a(i-1) + b(N-i) \qquad (4\text{-}9)$$

Obviously there are (N-i) individuals who adopt strategy B, then their corresponding fitness function is

$$g_i = ci + d(N-i-1) \qquad (4\text{-}10)$$

Taking full account of the selectivity of returns, the corresponding fitnesses of strategies A and B are in fact

$$\pi_i^A = 1 - \omega + \omega f_i \qquad (4\text{-}11)$$

$$\pi_i^B = 1 - \omega + \omega g_i \qquad (4\text{-}12)$$

In Eqs. (4-11) and (4-12), ω represents the selection factor, which actually reflects the true magnitude of the contribution of the fitness function. It essentially portrays the noise effect within the system, meaning that the system is allowed to have individuals who make irrational choices. In order to extend the evolutionary stabilization strategy to finite populations, based on the study in chapter 4.2.1, we can study the replicator dynamics equation (RD equation) based on the Moran process [40].

$$\dot{x} = x\left(\pi_A(x) - \pi(x)\right)\frac{1}{\eta + \pi(x)} \qquad (4\text{-}13)$$

In equation (4-13),

$$\pi_A(x) = xa + (1-x)b \tag{4-14}$$

$$\pi_B(x) = xc + (1-x)d \tag{4-15}$$

$$\pi(x) = x\pi_A(x) + (1-x)\pi_B(x) \tag{4-16}$$

$$\eta = \frac{1-\omega}{\omega} \tag{4-17}$$

4.2 Numerical simulation analysis

Based on the simulation analysis in Chapter 3 (same payment matrix), taking parameters a=5, b=8, c=2, d=3.

The simulation of the ordinary replicator dynamic equation based on Eq. (3-10) is shown in Figure 4-1 below.

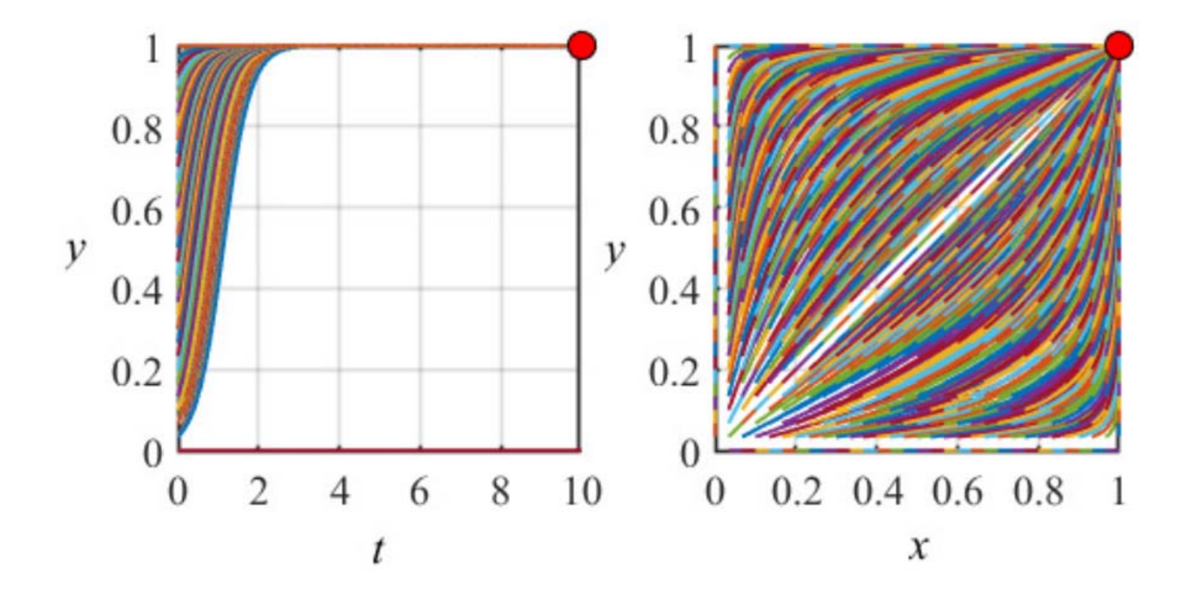


Fig. 4-1 Simulation of conventional deterministic RD equation

The simulation of the RD equation (4-13) based on the Moran process is shown in Figure 4-2 below.

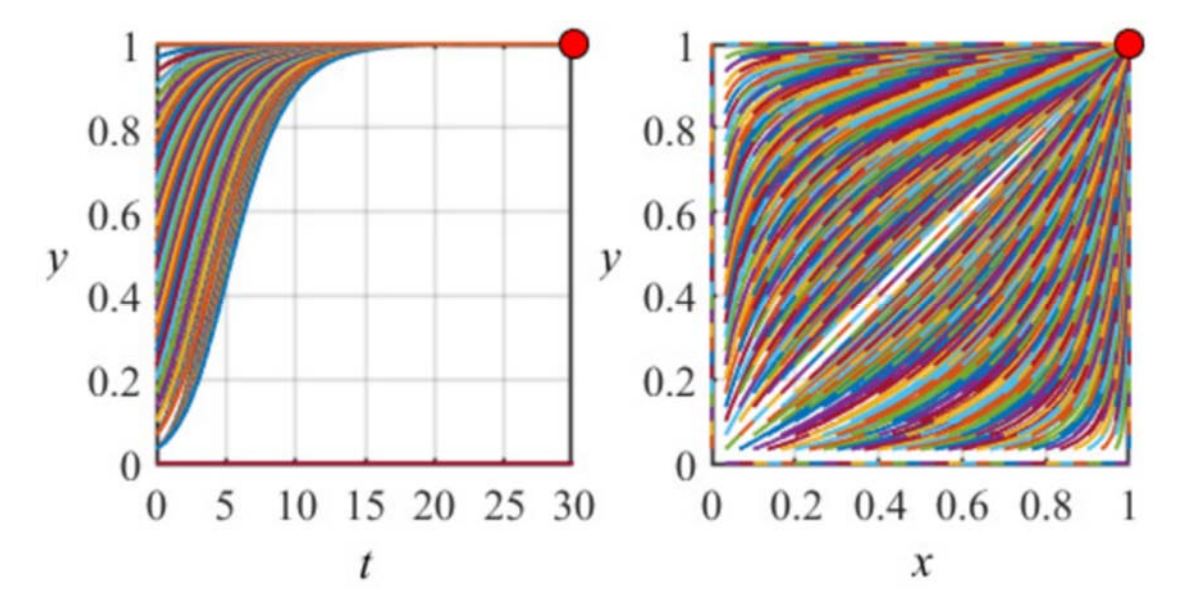


Fig. 4-2 Simulation of RD equation based on Moran process

The above two illustrations are briefly discussed here. The left graph represents the convergence of the probability x of participant α choosing strategy A with time t. From the graph, we can see that x eventually converges to 1, which means that almost all individuals in the group will choose strategy A. The right graph represents the probability x of participant α choosing strategy A, and the y-axis represents the probability y of participant β choosing strategy A. Obviously, the final convergence point (1, 1) can support the above conclusion. The conclusion is that all individuals tend to choose strategy A in the end [41-42].

In the following, the traditional deterministic RD equation and the Moran-based RD equation are taken with the same payoff parameters (a, b, c, d) = (5, 8, 2, 3) are simulated to directly compare their convergence processes. where their initial values of probability are (0, 0.2).

The difference between the two can be clearly seen in Figure 4-3: the convergence point of the traditional deterministic-based RD equation is around t=3, while the convergence point of the Moran-based RD equation is around t=18. Between t=0 and t=14, not all decision makers in the Moran-based process choose strategy A, and a significant number of them choose strategy B.

From the perspective of the strategy update process, the Moran process converges more slowly than the normal RD equation, essentially because of the noise within the system. This corresponds to the reality of allowing participants to make non-fully rational choices when they are aware of the benefits of the payoff matrix, which also shows that the stochastic evolutionary game model based on the Moran process is closer to reality than the traditional evolutionary game model [43-44].

4.3 Summary of this chapter

In this chapter, the stochastic evolutionary game theory is briefly described and the derivation of the relevant mathematical model formulas is given. Then the RD equation based on the Moran process is derived and compared with the RD equation of traditional evolutionary games, which proves that the Moran process is more suitable than the deterministic RD equation for studying real-life problem games.

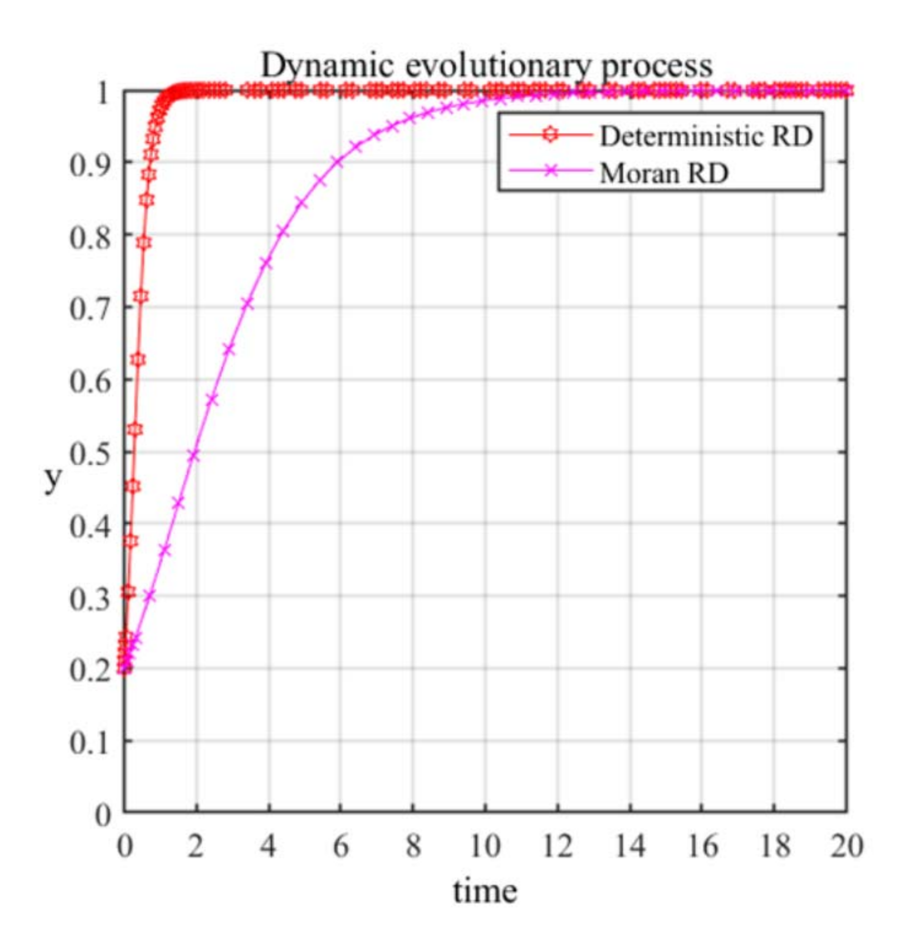


Fig. 4-3 Visual comparison of the dynamic equations of the two replicators

Chapter 5: Long-term bidding game strategies of power producers

After several major reforms of the power grid, the institutions involved in the decision making of the power market have become more and more diversified, and a multi-element and multi-body competition situation of the power market has been formed initially. The types of decision makers involved in bidding for the grid are diversifying due to the deepening of the grid offer. On the generation side, the aggressive offers of small and medium-sized power producers directly lead to the increasing complexity of electricity price competition. Therefore, it is of practical value to analyze the long-term bidding process of power generators using the stochastic evolutionary game model elaborated in Chapter 4. Based on this, the stochastic evolutionary game model based on the Moran process is used to simulate the decision making behavior among power producers in this chapter.

5.1 Theoretical Analysis of Power Market Bidding

5.1.1 Bidding Strategy

There are two main types of bidding mechanisms in the electricity market. The first one is Pay AS Bid (PAB). The second one, is the Market Clearing Price (MCP) [45].

The method of pricing at a uniform marginal price (MCP) means that the generators submit to the trading center an offer function and the maximum and minimum generating capacity within a specified time period. The trading center screens them: the generator with the lower offer is considered first for the dispatched feed-in power, and the generator with the higher offer is considered first for the dispatched off-grid power, and they are ranked in order of offer until the total power supply is equal to the expected load, and then the generator with this offer is given the corresponding price.

The basic process of PAB is similar to that of MCP, except that under PAB, the trading center pays the price quoted by the generators.

5.1.2 Cost functions of power generating companies

The main costs of a power producer can be divided into variable costs and fixed costs.

The fixed costs can be divided into the part of acquiring materials and the part of building the power plant. Since the construction cost can be considered as constant, this part is neglected for the sake of simplifying the theoretical analysis. The material acquisition component is proportional to the generating capacity of the generator, so only the variation of this component is studied. A power consumption curve of the generating unit in the form of a quadratic function can be fitted based on regression analysis based on the historical data of each generating unit, and each classical coefficient is solved. The function is shown below.

$$C = a + bP + cP^2 \qquad (5\text{-}1)$$

In the above equation, C represents the total cost of the generator, a, b, and c are the cost coefficients, and P is the actual generation capacity.

It is assumed that there are only two types of generators with 360MWh and 600MWh of generation capacity in the electricity market in the same period. The minimum stabilized load capacity means the lowest value of generators' generating capacity, which is generally taken to be 40% to 50% of the rated value of generators' generating capacity.

Based on the above basis, the parameters of the bidding process for both types of generators can be set as shown in Table 5-1 below.

Table 5-1

Parameters of the bidding process for power producers

Parameter settings	Electricity company group 1	Electricity company group 2
Power generation cost function C/(CNY/MW)	$6700+110P_1 -0.18P_1^2$	$8000+91.4P_2 -0.076P_2^2$
Rated generating capacity/MW	220	500
Minimum stable load capacity/MW	110	200
Controllable highest price l_1 / (CNY/MW)	300	300
Controllable lowest price l_2 / (CNY/MW)	151.11	116.2

Among them, the controllable minimum quotation:

$$l_1 = \frac{6700+110\times110-0.18\times110^2}{110} = 151.11/\text{MWh}$$

$$l_2 = \frac{8000+91.4\times200-0.076\times200^2}{200} = 116.2/\text{MWh}$$

5.2 Generator bidding analysis

It is assumed that there are both Type I and Type II generators bidding in the electricity market. They can choose between high price (strategy A) and low price (strategy B).

The maximum capacity that Type I generators can offer is 380 MW, while Type II generators can offer a maximum capacity of 600 MW, respectively, and a uniform market clearing price (MCP) settlement mechanism is used in this chapter. Based on this, their bidding schemes can be defined in Tables 5-2 and 5-3 below.

Table 5-2

Competitive bidding scheme of the first group of electricity companies

The first type of company	110-132	132-154	154-176	176-198	198-220
High Price Strategy A/(CNY/MWh)	270	280	290	295	300
Low Price Strategy B/(CNY/MWh)	151.11	161.11	171.11	176.11	181.11

Table 5-3

Competitive bidding scheme of the second group of electricity company

The second type of company	200-260	260-320	320-380	380-440	440-500
High Price Strategy A/(CNY/MWh)	274	284	294	297	300
Low Price Strategy B/(CNY/MWh)	116.2	126.2	136.2	139.2	142.2

The theoretical analysis is performed below.

(1) The first type of electricity company

First calculate the parameters of the payment matrix for the electricity company.

Both parties choose strategy A.

a = 295×198 - (6700+110×270 - 0.18×270^2) = 3.5132 (Ten thousand CNY);

One chooses strategy A and another one chooses strategy B.

b = 181.11×220 - (6700+110×270 - 0.18×270^2) = 1.65662 (Ten thousand CNY)

c = 290×176 - (6700+110×270 - 0.18×270^2) = 2.7762 (Ten thousand CNY);

Both parties quote the low price of:

d = 176.11×198 - (6700+110×270 - 0.18×270^2) = 1.159178 (Ten thousand CNY)

Based on this, the payment matrix for the first group of electricity companies can be obtained as shown in Table 5-4.

Table 5-4

Payment matrix for the first group of electricity companies

Strategy	High price (y)	Low price (1 - y)
High price (x)	3.5132, 3.5132	1.65662, 2.7762
Low price (1 - x)	2.7762, 1.65662	1.159178, 1.159178

The probabilities of electricity companies choosing high price strategy A and low price strategy B are x, 1-x, respectively, and from equation (3-4) the ordinary RD equation can be derived as:

$$\dot{x} = x\left(1-x\right)[(a-b-c+d)y+b-d] = x\left(1-x\right)(2395.58y+4974.42) \qquad (5\text{-}2)$$

Letting equation (5-2) be 0, we can find that the RD equation has two equilibrium solutions, x=0 and x=1, which means that there are four equilibria, (0, 0), (0, 1), (1, 0) and (1, 1). According to the stability criterion in Table 3-1, it is known that (1, 1) is the evolutionary stable strategy. The realistic implication is that the majority of electricity companies participating in the electricity market bidding will choose the strategy A representing the high price for their own benefit, as shown in Figure 5-1.

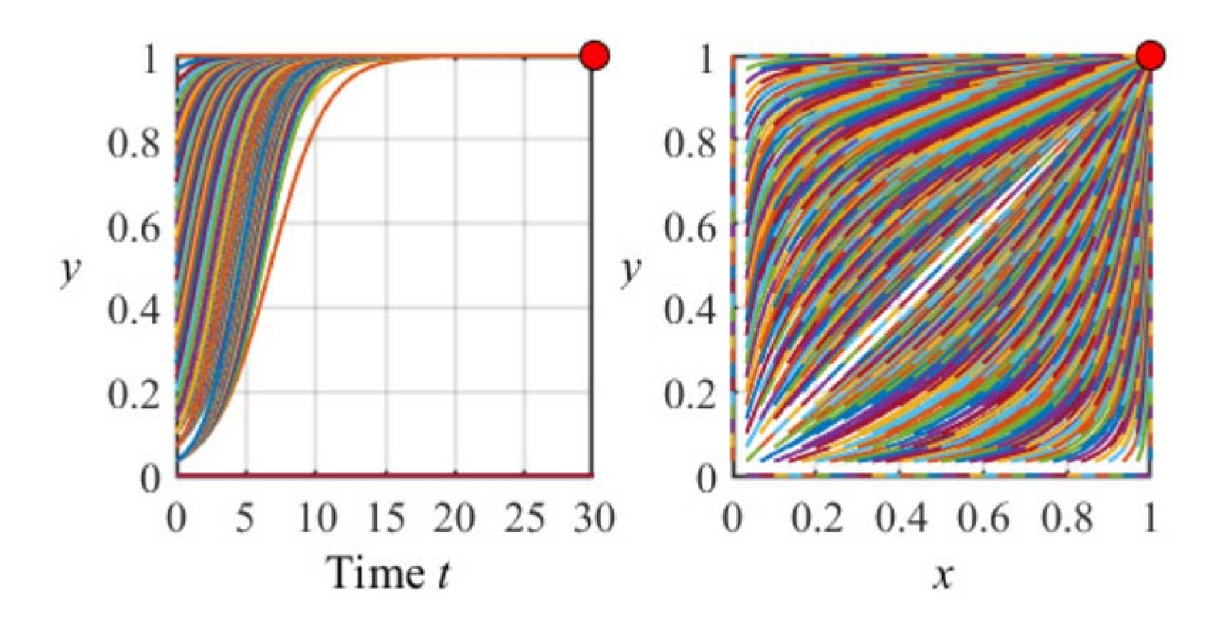


Fig. 5-1 Simulation of the first group of electricity companies based on the ordinary RD equation

Let equation (4-13) show that the RD equation based on Moran process has two equilibrium solutions, x=0 and x=0.9862, (0, 0), (0, 0.9862), (0.9862, 0) and (0.9862, 0.9862). According to the stability criteria in Table 3-1, (0.9862, 0.9862) is an

evolutionary stable strategy. The corresponding realistic meaning is that after a long time of playing in the electricity market, more and more electricity companies choose the high price strategy [46-48], and finally the majority of enterprises will tend to choose the high price strategy. The proportion of electricity companies adopting strategy A, i.e., high price strategy, in the group tends to be about x=0.5. The proportion of power producers adopting strategy A, i.e., high price strategy, in the group tends to be around the horizontal line of x=0.9862. This is shown in Figure 5-2.

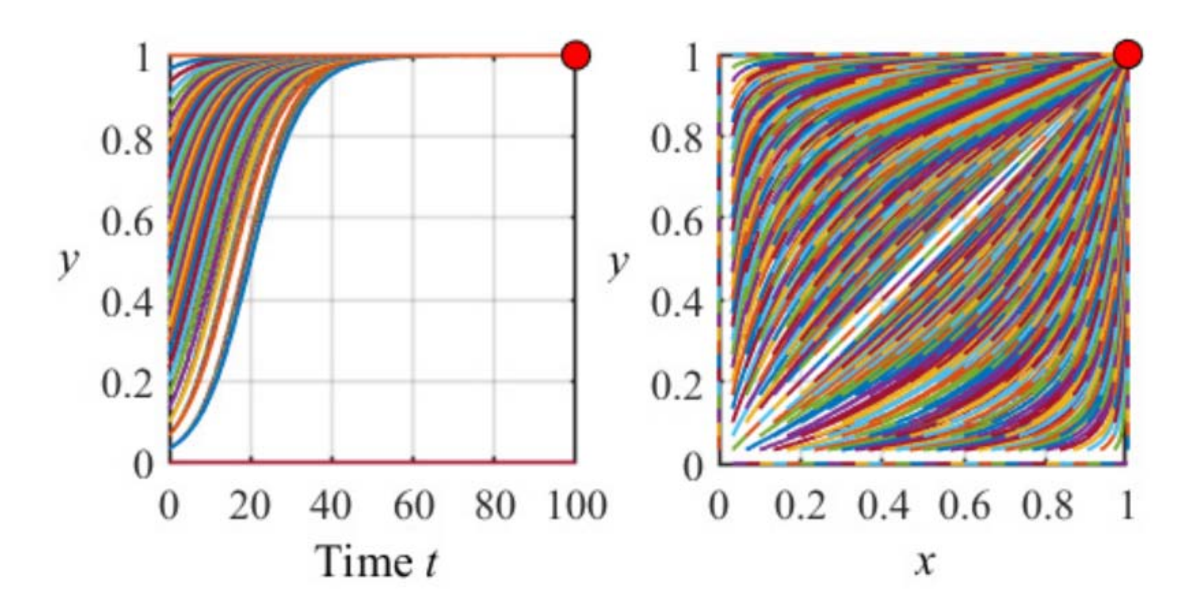


Fig. 5-2 Simulation of RD equation based on Moran process for the first group of companies

(2) The second group of electricity companies

First, the parameters of the payment matrix of the electricity companies are calculated. Both parties choose strategy A.

a = 297×440 - (8000+91.4×440 - 0.076×440^2) = 9.71976 (Ten thousand CNY);

One chooses strategy A and another one chooses strategy B.

b = 142.2×500 - (8000+91.4×440 - 0.076×440^2) = 3.75976 (Ten thousand CNY)

c = 294×380 - (8000+91.4×440 - 0.076×440^2) = 7.82176 (Ten thousand CNY)

Both parties quote the low price:

d = 139.2×500 - (8000+91.4×440 - 0.076×440^2) = 2.77456 (Ten thousand CNY)

Based on this, the payment matrix for the first group of electricity companies can be obtained as shown in Table 5-4.

Table 5-5

Payment matrix for the second category of power producers

Strategy	High price (y)	Low price (1 - y)
High price (x)	9.71976, 9.71976	3.75976, 7.82176
Low price (1 - x)	7.82176, 3.75976	2.77456, 2.77456

The probabilities of generators choosing high price strategy A and low price strategy B are x, 1-x, respectively. Based on Table 5-5, letting Eq. (3-4) be 0 leads to the equilibrium solutions of the ordinary RD equation as x=0, x=1, respectively, i.e., there are 4 equilibria, (0, 0), (0, 1), (1, 0) and (1, 1). According to the stability criterion in Table 3-1, it is known that (1, 1) is the evolutionary stable strategy. The realistic implication is that most of the generators participating in the electricity market bidding will choose the strategy A representing high price for their own benefit.

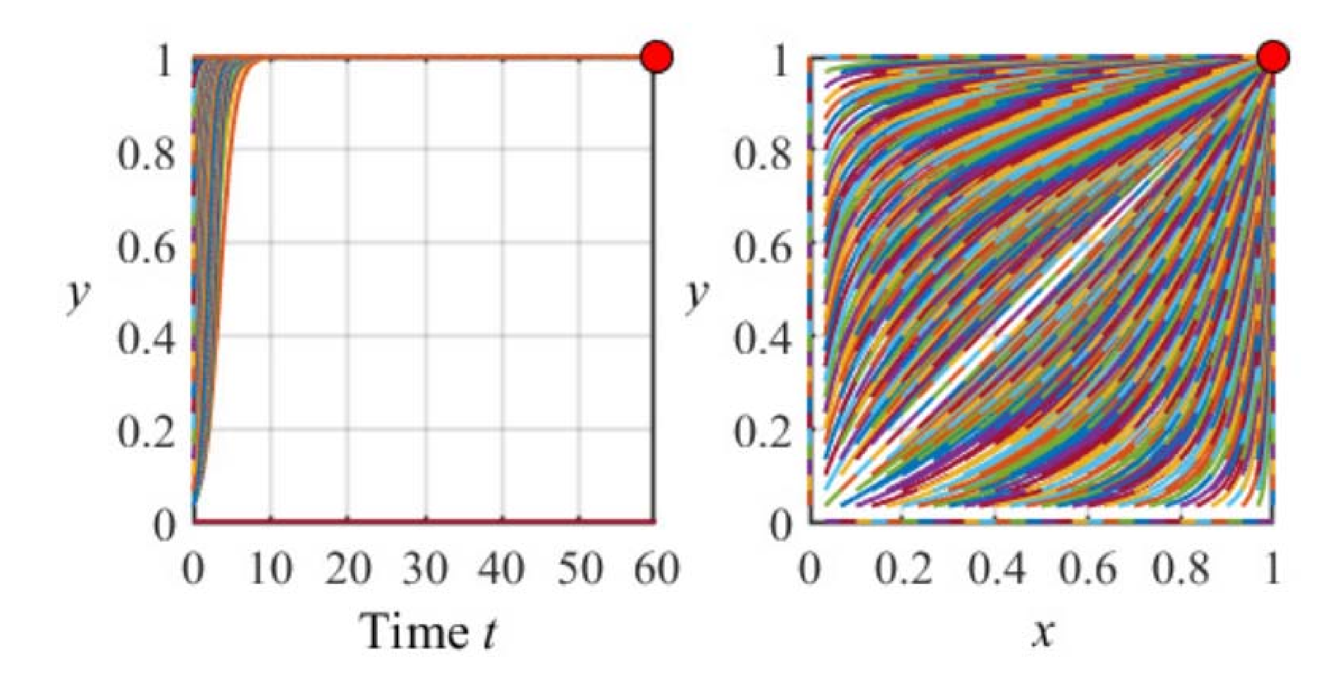


Fig. 5-3 Simulation of the common RD equation for the second group of companies

Similarly, equation (4-13) shows that the RD equation based on the Moran process has two equilibrium solutions x=0 and x=0.9926, (0, 0), (0, 0.9926), (0.9926, 0) and (0.9926, 0.9926). According to the stability criterion in Table 3-1, it is known that (0.9926, 0.9926) is the evolutionary stability strategy [49-50]. The realistic implication is that at the beginning of the electricity market, a significant number of generators will adopt the low price strategy, but in the strategy update of the Moran process, the group of generators adopting the high price strategy will gradually invade the group of generators quoting the low price, and finally the majority of generators will choose to adopt strategy A, i.e., the high price strategy, due to various considerations. This is shown in Figure 5-4.

Obviously, the trend of the evolutionary game strategy of both types of generating companies in the long-term bidding is to offer high prices, and the simulation example can well confirm the theoretical analysis and verify the correctness and validity of the qualitative analysis in this chapter, which effectively explores the application of the model. According to the above two examples based on the Moran process simulation, it can be accurately predicted that in the long-term operation of the electricity market, power generation enterprises will eventually tend

to quote high prices, which will form a bubble economy in the electricity market, so that the formation of an inflated trend of electricity quotations, obviously not conducive to the normal development of the market economy. Therefore, relevant departments should develop relevant systems or instruments to intervene.

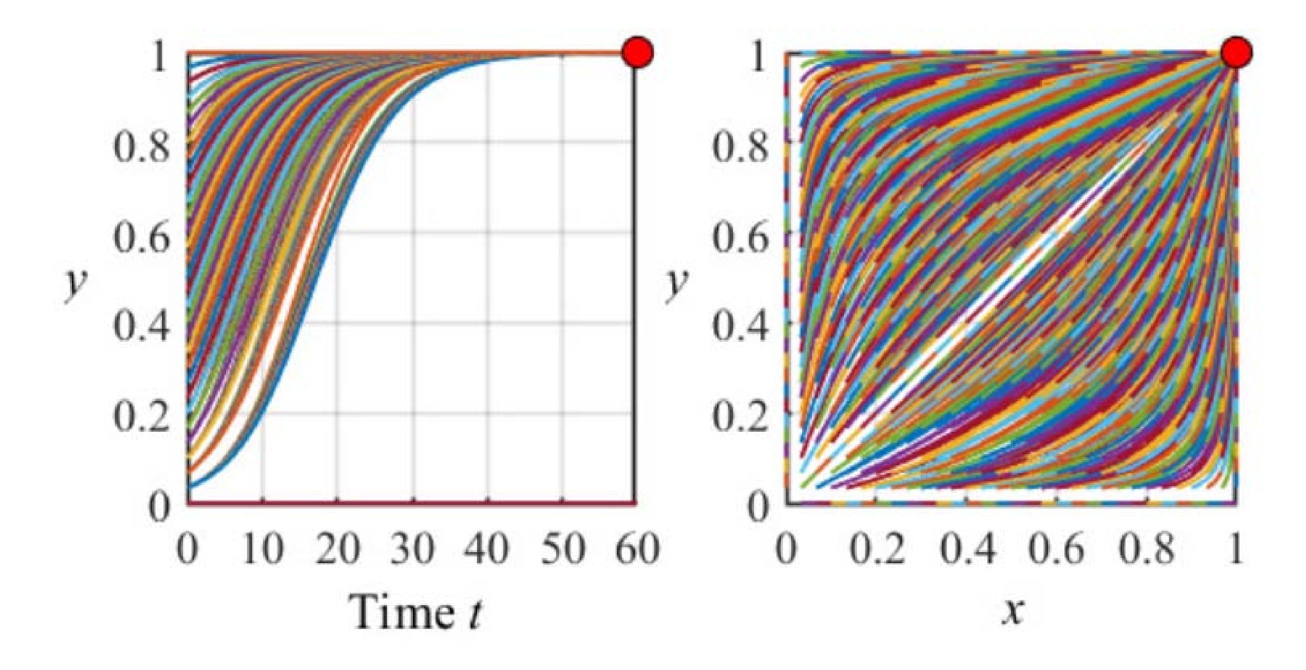


Fig. 5-4 Simulation of RD equation based on Moran process for the second group of companies

According to the stability criterion introduced in Chapter 2, it is known that the evolutionary stability strategy depends on the payment parameters. Therefore, the relevant government departments can influence the payment parameters of the generators by introducing relevant policies to make the evolutionary stabilization strategy of the generators evolve towards the desired long-term bidding. The first type of generator payment model is modified so that the value of d increases from 1.159178 to 1.8 to achieve $b < d$ and $a > c$. Therefore, (0, 0) and (1, 1) are both evolutionary stabilization strategies[43]. The realistic meaning corresponds to the change of the generator bidding stabilization strategy from "both sides quote high prices" to "both quote high and low prices", which effectively solves the undesirable culture of bidding high prices in the electricity market without government regulation [51-52]. Obviously, there are other payment parameters that can be modified to influence the bidding strategy of the generators, such as "low bid for the same time period". The simulation diagram is shown in Figure 5-5.

As can be seen from the simulation, the convergence of the ordinary RD equation is much faster than that of the Moran process-based RD equation because of the noise effect within the latter system. The corresponding reality is that the decision makers will still be influenced by other factors after comparing the revenue at hand and make irrational choices, taking into account the stochastic effect, as shown in Figure 5-4 In the process of the power market game, the generators do not all take the high price strategy, and the final result is that the majority of generators take the high

price strategy after the strategy update and iteration of the Moran process. In other words, due to the influence of irrational factors, the latter is slower to reach the stable equilibrium point in the power market bidding process and is more realistic. This finding also confirms the analysis in Chapter 4.

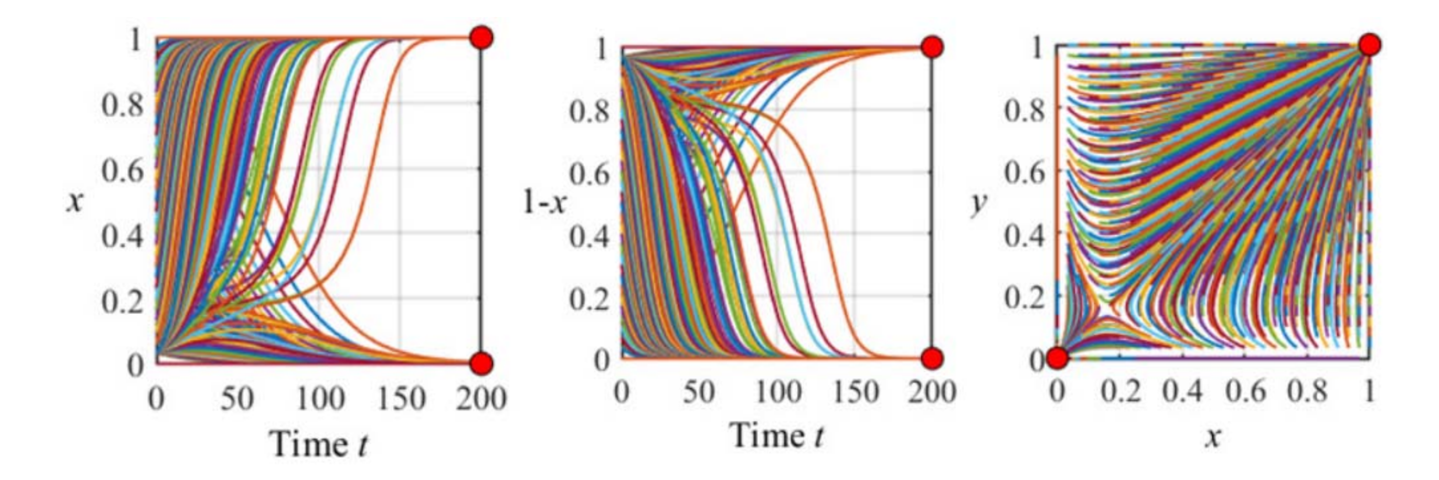


Fig. 5-5 Simulation of Moran-based RD equation bidding under government regulation

We now consider the effect of different sizes on the bidding process of the group of generators. It is known from Section 4.2.3 that the proxy selection factor, in fact, reflects the true magnitude of the contribution of the fitness function. It essentially portrays the noise effect within the system, meaning that individuals who make irrational choices are allowed to do so, and its value range is (0, 1). The larger the value, the stronger the choice, in other words, the stronger the willingness of the strategy to take root in the generator community, and thus the shorter time for the strategy to reach ESS.

The payment model of the second type of power generation company is used for simulation, as shown in Figure 5-6. The simulation results are consistent with the theoretical analysis, the strategy under the maximum reaches ESS around t=40, while the strategy under the minimum reaches ESS around t=55. It can well support the above conclusion that "the higher the selection strength, the better the strategy survives in the population and the shorter the rooting time".

5.3 Summary of this chapter

Based on the previous chapters, this chapter presents a qualitative and quantitative analysis, comparing the effects of the ordinary RD equation and the Moran process-based RD equation on the convergence trend of the strategies of generators in the long-term bidding process based on Chapter 4. The similarities and differences of generators' long-term bidding stabilization strategies with and without government regulation are investigated. A visual comparison of the rooting time of the strategies in the Moran process with different selection strengths is also presented [52].

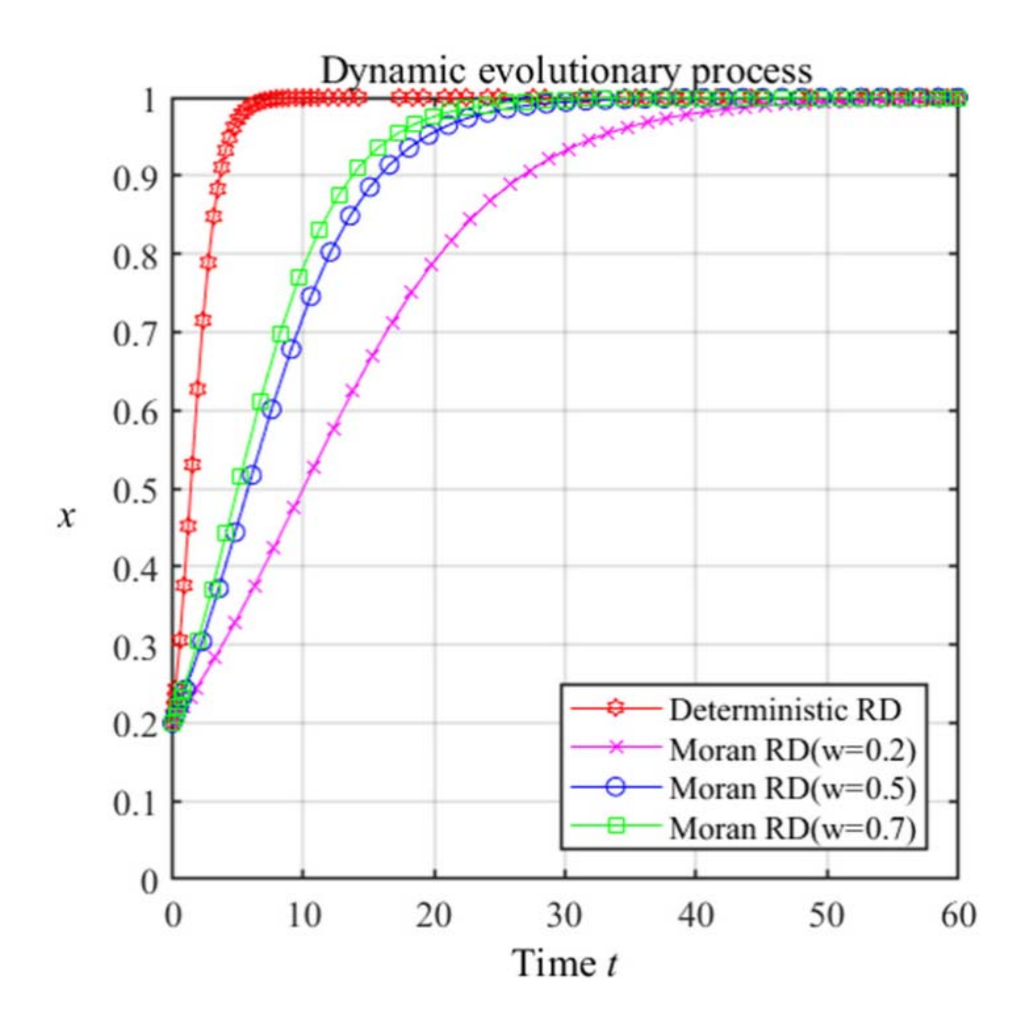


Fig. 5-6 Visual comparison between the traditional RD equation and the RD equation based on Moran process with different selection strengths

Chapter 6 Conclusion and Outlook

6.1 Conclusion

The country has introduced a series of initiatives, such as bidding for grid access, renewable energy access, and pilot direct trading between customers and power generating companies, which have improved the electricity market economy while facing new tests in the electricity trading market. The institutions involved in power market decision making are also becoming more and more diversified, and a multi-element and multi-body competition situation in the power market is initially formed.

To solve the problem of decision optimization behavior of group bidding of power generators, stochastic evolutionary game model is a reliable and efficient mathematical tool. The work of this paper is summarized as follows.

(1) The important concepts of evolutionary game theory are introduced, the criterion of evolutionary stability based on Lyapunov method is given, and the internal evolutionary process of the system is analyzed by this methodological system. The theoretical foundation is laid for the later research in a complete way.

(2) After reading a lot of related literature, we studied the traditional game theory and stochastic evolutionary game theory, analyzed and derived the mathematical models, especially the ordinary deterministic RD equation and the RD equation based on Moran process, and did a lot of two-group two-strategy simulations to compare their similarities and differences.

(3) Considering the competitive situation of multi-element and multi-subjects in the power market, we make qualitative and quantitative analysis of the bidding decision of power generators based on the previous research, and build two types of power generators' bidding models for simulation analysis. The paper compares the evolution of the bidding strategies of the generators under the MCP mechanism of the two evolutionary models.

The innovation of this paper is to model the long-term bidding optimization problem of multiple generators in the generation side market as a complex evolutionary game problem with information asymmetry, and thus apply the Moran process to the study of strategy evolution in a group of generators, so as to calculate the evolutionary stable equilibrium of different bidding strategies in a finite rational group of generators. This is beneficial for the generators to adjust their own revenue functions and for the government to regulate the electricity market economy.

By comparing with the traditional game model, the following conclusions can be drawn.

1) The RD equation based on Moran process will be more consistent with the actual generator bidding game scenario.

2) If the relevant authorities do not intervene in the bidding process of the group of generators, their strategies will spontaneously tend to offer higher prices, which is not conducive to the long-term development of the electricity market economy.

3) The greater the selection intensity, the better the survival ability of the strategy in the group, the shorter the rooting time.

6.2 Outlook

The focus of this paper is to apply the Moran process to study the strategy evolution in a group of power generators, and to study the bidding decision behavior of two types of generators. Due to the limitations of knowledge and time, I believe that this topic can be further investigated from the following points.

(1) The example simulation in this paper is based on a 2×2 two-group, two-strategy symmetric generator bidding game with Moran process. In reality, the bidding environment in the electricity market is more complex, and the bidding mechanism and the number of decision makers are more unpredictable than the study in this paper. Therefore, the next step can be to carry out research work on the multi-party symmetric game and multi-party asymmetric game based on Moran process.

(2) In the qualitative and quantitative analysis in Chapter 5, only one type of bidding mechanism is modeled and analyzed.

(3) The focus of this paper is to compare the effects of the ordinary RD equation and the Moran process-based RD equation on the convergence trend of strategies in the long-term bidding process of power producers. In the future, the advantages and disadvantages of more stochastic evolutionary game models can be compared in a

deeper way, and research on the evolutionary game problem of bidding for multiple types of power producer groups based on stochastic evolutionary game theory can be carried out.

References:

1. Leon A. Petrosyan, Nikolay A. Zenkevich “Game Theory”(2016)

2. Li, Y., Petrosyan, O. L., & Zou, J. (2021). Dynamic shapley value in the game with perishable goods. Contributions to Game Theory and Management, 14(0), 273-289.

3. Yeung, D. W., & Petrosyan, L. A. (2012). Subgame consistent economic optimization: an advanced cooperative dynamic game analysis. Boston: Birkhäuser.

4. Gu, C., Wang, X., Zhao, J., Ding, R., & He, Q. (2020). Evolutionary game dynamics of Moran process with fuzzy payoffs and its application. Applied Mathematics and Computation, 378, 125227.

5. Cheng Lefeng, Yu Tao. Game-theoretic approaches applied to transactions in the open and ever-growing electricity markets from the perspective of power demand response: An overview[J]. IEEE Access, 2019, 7: 25727-25762.

6. Von Neumann J, Morgenstern O. The theory of games and economic behavior [M]. USA, Princeton: Princeton University Press, 1944.

7. Nash J R Equilibrium points in n-person games[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 1950,36(1): 48-49.

8. Nash J F. Non-cooperative games[J]. Annals of Mathematics, 1951, 54(2): 286-295.

9. Petrosjan, L. A. (1993). Differential games of pursuit (Vol. 2). World Scientific.

10. Anderson V A D, Queiroz A R D, Lima L M M, et al. Cooperative game theory and last addition method in the allocation of firm energy rights[J]. Applied Energy, 2018, 226: 905-915.

11. Nash J F. The bargaining problem[J]. Econometrica, 1950, 18(2): 155-162.

12. Nash J F. Two person cooperative games[J]. Econometrica, 1953, 21(1): 128 -140.

13. Maynard Smith J, Price G R. The logic of animal conflict[J]. Nature, 1973, 246(5427): 15-18

14. Shapley L S. A value for N-person games[R]. Technical Report, RAND Corp. Santa Monica CA, 1952.

15. Rincón-Zapatero, J. P., Martínez, J., & Martin-Herran, G. (1998). New method to characterize subgame perfect Nash equilibria in differential games. Journal of Optimization Theory and Applications, 96, 377-395.

16. Ui, T. (2016). Bayesian Nash equilibrium and variational inequalities. Journal of Mathematical Economics, 63, 139-146.

17. Petrosyan, L., Chistyakov, S., & Pankratova, Y. (2017, May). Existence of strong nash equilibrium in repeated and multistage games. In 2017 Constructive Nonsmooth Analysis and Related Topics (dedicated to the memory of VF Demyanov) (CNSA) (pp. 1-3). IEEE.

18. Ghiasvand, F. S., Afshar, K., & Bigdeli, N. (2022). Multi-retailer energy procurement in smart grid environment with the presence of renewable energy resources and energy storage system. Journal of Energy Storage, 55, 105585.

19. Li, H., Li, Y., & Li, Z. (2007). A multiperiod energy acquisition model for a distribution company with distributed generation and interruptible load. IEEE Transactions on Power Systems, 22(2), 588-596.

20. Menniti D, Pinnarelli A, Sorrentino N. Simulation of producers behaviour in the electricity market by evolutionary games[J]. Electric Power Systems Research, 2008, 78(3): 475-483.

21. Ladjici A A, Tiguercha A, Boudour M. Equilibrium calculation in electricity market modeled as a two-stage stochastic game using competitive coevolutionary algorithms[J]. IFAC Proceedings Volumes, 2012, 45(21): 524-529.

22. Wang, J., Zhou, Z., & Botterud, A. (2011). An evolutionary game approach to analyzing bidding strategies in electricity markets with elastic demand. Energy, 36 (5), 3459-3467.

23. Li, X., Chen, L., Sun, F., Hao, Y., Du, X., & Mei, S. (2023). Share or not share, the analysis of energy storage interaction of multiple renewable energy stations based on the evolution game. Renewable Energy.

24. Cheng, L., Yin, L., Wang, J., Shen, T., Chen, Y., Liu, G., & Yu, T. (2021). Behavioral decision-making in power demand-side response management: A multi-population evolutionary game dynamics perspective. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 129, 106743.

25. Zhang Cheng, Du Songhuai, Su Juan. Research on regional power market quotation strategy based on evolutionary game [J]. Modern Electric Power, 2010, 27 (02): 87-90. (in Chinese)

26. Huang Xian, Wang Zhanhua. Simulation Analysis of Power Generation Bidding Strategy Based on Evolutionary Game [J]. Modern Electric Power, 2009, 26 (03): 91-94. (in Chinese)

27. Zhang Jingjing. Evolutionary Game Analysis of Power Sales Enterprises' Innovative Value-Added Services under New Electricity Reform [J]. Coal Economic Research, 2016, 36(09): 59-65. (in Chinese)

28. Jiang Jinliang, Shen Yanjun. Analysis of Power Demand Side Management Supervision Based on Evolutionary Game [J]. Journal of South China University of Technology (Social Science Edition), 2012, 14(05): 50-56. (in Chinese)

29. Xu Yiting, Ai Qian, Hu Jiansheng. Dynamic Optimization of Microgrid and Distribution Network Based on Co-evolutionary Game Algorithm [J]. Power System Protection and Control, 2016, 44(18): 8-16. (in Chinese)

30. Song Zongyun, Zhang Jian, Zheng Zedong, et al. Dynamic Evolutionary Game Analysis of Policy Incentive Process of Power Demand Side Management [J]. China Electric Power, 2019, 52(10): 54-64. (in Chinese)

31. Grinikh, A. L., & Petrosyan, L. A. (2021). An effective punishment for an n-person prisoner's dilemma on a network. Труды Института математики и механики УрО РАН, 27(3), 256-262.

32. Dong Yan, Yang Junlin, Zhu Yongsheng, etc. Research on Robust Optimal Scheduling of Power System Based on Zero-Sum Game [J]. Power System Protection and Control, 2022, 50(5): 55-64. (in Chinese)

33. Lewontin R C. Evolution and the theory of games[J]. Journal of Theoretical Biology, 1961, 1: 382-403.

34. Smith Maynard. The Theory and the Evolution of Animal Conflict[J]. Journal of Theory BM, 1974, 47: 209-212.

35. Taylor P D, Jonker L B. Evolutionary stable strategies and game dynamics [J]. Mathematical Biosciences 1978, 40(1-2): 145-156.

36. He Deming, He Wansheng, Xie Baoli. Qualitative analysis of a class of biological prey systems with linear harvest rate [J]. Pure and Applied Mathematics, 2013, 29(01): 33-39. (in Chinese)

37. Guo Junhua, Li Bangyi, Ni Ming. Evolutionary Game Analysis of Duopoly Remanufacturing Entry Decision [J]. Systems Engineering Theory and Practice, 2013, 33(02): 370-377. (in Chinese)

38. Traulsen A, Hauert C. Stochastic evolutionary game dynamics. Reviews of Nonlinear Dynamics and Complexity, ArXiv: 0811. 3538, 2009.

39. Foster, D., & Young, P. (1990). Stochastic evolutionary game dynamics∗. Theoretical population biology, 38(2), 219-232.

40. Traulsen.A, Claussen.J.C, Hauert.C. CoeVolutionary Dynamics: from Finite to lnfinte populations[J]. Physical Review Letter, 2005, 95: 238-701

41. Olsina, F., Garcés, F., & Haubrich, H. J. (2006). Modeling long-term dynamics of electricity markets. Energy Policy, 34(12), 1411-1433.

42. Roca, C. P., Cuesta, J. A., & Sánchez, A. (2009). Evolutionary game theory: Temporal and spatial effects beyond replicator dynamics. Physics of life reviews, 6(4), 208-249.

43. Bomze, I. M. (1995). Lotka-Volterra equation and replicator dynamics: new issues in classification. Biological cybernetics, 72(5), 447-453.

44. Benaïm, M., Hofbauer, J., & Sandholm, W. H. (2008). Robust permanence and impermanence for stochastic replicator dynamics. Journal of Biological Dynamics, 2(2), 180-195.

45. Xie Jun, Chen Xingying. Quote Strategy of Power Supply Companies Based on Market Clearing Electricity Price Prediction[J]. Journal of North China Electric Power University, 2006(05): 29-32. (in Chinese)

46. Shoji, T., Aihara, K., & Yamamoto, Y. (2017). Quantum model for coherent Ising machines: Stochastic differential equations with replicator dynamics. Physical Review A, 96(5), 053833.

47. Sun, Q., Zhao, C., Petrosian, O., & Li, Y. (2022). Power allocation in wireless cellular networks: stochastic algorithm based approach. Процессы управления и устойчивость, 9(1), 357-362.

48. Fudenberg, D., Imhof, L., Nowak, M. A., & Taylor, C. (2004). Stochastic evolution as a generalized Moran process. Unpublished manuscript, 15.

49. Greenwood, G., & Ashlock, D. (2021). A comparison of the Moran Process and replicator equations for evolving social dilemma game strategies. Biosystems, 202, 104352.

50. Zhang, R., & Li, J. (2020). Impact of incentive and selection strength on green technology innovation in Moran process. Plos one, 15(6), e0235516.

51. Petrosian, O., Shi, L., Li, Y., & Gao, H. (2019). Moving information horizon approach for dynamic game models. Mathematics, 7(12), 1239.

52. Greenwood, G. W. (2019). The Moran Process and Replicator Dynamics. In On the Study of Human Cooperation via Computer Simulation: Why Existing Computer Models Fail to Tell Us Much of Anything (pp. 31-40). Cham: Springer International Publishing.

УДК 338.242.4

РЕЙТИНГОВАЯ ОЦЕНКА ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ МАЛЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Святенко Инна Николаевна,
Донбасская аграрная академия, г. Макеевка

E-mail: uch_sekretar@mail.ru

Аннотация. *Рассмотрена методика рейтинговой оценки инвестиционной привлекательности малых предприятий и основные показатели, характеризующие финансовое состояние предприятия.*

Abstract. *The technique of rating assessment of the investment attractiveness of small enterprises and the main indicators characterizing the financial condition of the enterprise are considered.*

Ключевые слова: *инвестиционная привлекательность, малые предприятия, финансовое состояние, отчетность.*

Key words: *investment attractiveness, small businesses, financial condition, reporting.*

Инвестиционная привлекательность предприятия определяется целесообразностью вложения в него свободных денежных средств. Данная проблема является важной не только для внешних, но и для внутренних субъектов хозяйствования, поскольку каждому предприятию необходимо реально оценить свои шансы для привлечения инвестиций. Особенно это актуально для малых предприятий, так как они зачастую не обладают большими объемами денежных средств и поэтому нуждаются во внешних инвестициях. Базой для анализа целесообразности инвестирования являются важнейшие показатели финансового состояния предприятия.

Инвестиции всегда были актуальной темой, поэтому логичным шагом будет предварительный анализ исследований, которые были произведены в этой или близких областях ранее. Основу исследования составили труды авторов в следующих направлениях: сущность понятия инвестиционной привлекательности. К ним относятся: Фоничкин И., Бабушкин В., Ендовицкий Д., Крейнина Н., Ковалев В., Кейнс Д., Крылов Э.И., Власова В., Сергеев И., Орлова Н, и т.д.

Вышеперечисленные авторы и их труды позволяет наиболее полно изучить тематику инвестиционной привлекательности предприятия.

По мнению З.С. Варналия: «Рыночные отношения требуют от субъектов малого предпринимательства грамотной оценки финансового состояния предприятия. Иначе они не смогут принять правильные управленческие решения в этой сфере и их шансы на успех в конкурентной борьбе останутся минимальными» [1].

В статье с целью оценки инвестиционной привлекательности малых предприятий предлагается методика рейтинговой оценки их финансового состояния.

Данный анализ базируется на основных показателях финансового состояния предприятия, таких как коэффициенты рентабельности, финансовой устойчивости и платежеспособности. Они рассчитываются на основе финансовой отчетности предприятий. Порядок расчета показателей финансового состояния приведен в табл. 1.

Таблица 1

Методика расчета показателей для анализа
финансового состояния малых предприятий

Показатель	Формула расчета
1. Показатели платежеспособности	
1. Коэффициент абсолютной ликвидности	k1 = (Денежные средства + Краткосрочные финансовые вложения) / Краткосрочные обязательства
2. Коэффициент общей (текущей) ликвидности	k2 = (Денежные средства + Ценные бумаги + Дебиторская задолженность) / Краткосрочные обязательства
3. Коэффициент мгновенной ликвидности	k3 = Оборотные средства / Краткосрочные обязательства
2. Показатели финансовой устойчивости	
4. Коэффициент независимости	k4 = Собственные средства / Валюта баланса
5. Коэффициент маневренности собственных денежных средств	k5 = Собственные оборотные средства / Собственные средства
6. Коэффициент финансовой стабильности	k6 = Собственные средства / заемные средства
7. Коэффициент инвестирования	k7 = Собственные средства / основные средства
3. Показатели прибыльности и деловой активности	
8. Коэффициент рентабельности собственного капитала	k9 = Чистая прибыль / Собственный капитал
9. Коэффициент оборотности активов (трансформации капитала, ресурсоотдача)	k10 = Выручка от реализации / среднегодовая стоимость активов
10. Коэффициент рентабельности реализации	k11 = Чистая прибыль / Выручка от реализации
11. Коэффициент рентабельности активов (всего капитала)	k12 = Чистая прибыль / Среднегодовая стоимость активов

Данные показатели с разных сторон характеризуют финансовое состояние предприятия и являются для потенциальных инвесторов основой при принятии решения об эффективности инвестиций в анализируемое предприятие. Когда же возникает необходимость выбора между различными объектами инвестирования или партнерами по бизнесу, целесообразно использовать рейтинговую оценку финансового состояния.

Методика рейтинговой оценки рентабельности, финансового состояния и деловой активности малых предприятий, то есть основных показателей, которые необходимы для правильного выбора партнера, включает следующие этапы:

1) Сбор и аналитическая обработка исходной информации за оцениваемый период. Поскольку данные должны быть доступными, достоверными и

сравнимыми используются показатели стандартной бухгалтерской отчетности предприятия, которая характеризует состав средств предприятия, а также финансовые результаты хозяйственной деятельности. Основным источником анализа финансового состояния предприятия является баланс, характеризующий состояние имущества предприятия, использование собственных и привлеченных средств.

2) Обоснование и классификация системы показателей, используемых для рейтинговой оценки. В данном случае система партнеров, объединенных по определенным признакам, включает три группы. В первую группу объединены показатели, которые характеризуют рентабельность производственно-коммерческого предприятия; во вторую – показатели, характеризующие его финансовую устойчивость и независимость; в третью – показатели ликвидности (платежеспособности) предприятия. Именно платежеспособность субъекта хозяйствования является важнейшим показателем, характеризующим его финансовое состояние.

3) Расчет конечного результата рейтинговой оценки, на основе которого принимается то или иное предпринимательское решение. В основе процесса принятия предпринимательского решения лежит не только анализ названных показателей, но и умение оперировать ими в практической деятельности.

Существует несколько вариантов расчета рейтинговой оценки. Первый способ позволяет определить рейтинговую оценку для j – того предприятия по максимальному значению, то есть наивысший рейтинг имеет предприятие, которое набирает наибольший суммарный результат (1):

$$R_j^1 = \sqrt{\sum a_{ij}^2} = \sqrt{a_{1j}^2 + a_{2j}^2 + ... + a_{nj}^2}\,, \qquad (1)$$

где R1j – рейтинговая оценка;

a^2 – наименование показателя;

i – порядковый номер показателя;

j – предприятие;

n – конечный номер показателя.

Быстрота расчета, простота и ясность являются основными достоинствами данной модификации. Однако здесь можно учитывать только те показатели, увеличение которых характеризует успешную деятельность предприятия. Кроме того, становится невозможным учет показателей, снижение которых является положительным фактором. Также следует отметить, что увеличение некоторых показателей является положительным лишь до определенного уровня, а их дальнейший рот уже свидетельствует о неэффективном использовании некоторых видов средств. Также немаловажные моменты упускаются при данной модификации определения рейтинговых оценок предприятия.

Когда при анализе нужно выделить существенность каждого показателя матрицы, можно применить вторую модификацию рейтинговой оценки (R2j) (2):

$$R_j^2=\sqrt{\sum Z_i * \sum a_{ij}^2}=\sqrt{Z_1 a_{1j}^2+Z_2 a_{2j}^2+...+Z_n a_{nj}^2}, \qquad (2)$$

где Z_i – вводимые коэффициенты предпочтений;

$$\sum Z_i =1$$

В данном случае вводятся весомые коэффициенты для каждого показателя, которые определяют значимость каждого параметра в общей оценке финансового состояния предприятия, иными словами фактор предпочтений, определяемый экспертным путем в зависимости от целей анализа.

Рейтинг для действующих предприятий устанавливается по системе показателей, которые следует рассматривать за 2-3 года (табл. 2).

Таблица 2

Региональные показатели для определения рейтинга малого предприятия для оценки инвестиционной привлекательности

Укрупненные показатели	Детализированные показатели
1. Производственная и коммерческая активность	– рост производства продукции, % – доля продукции, направляемой на экспорт, %, – доля новой продукции , %, – оборачиваемость оборотного капитала, раз.
2. Экономическая эффективность	– доля рефинансирования чистой прибыли в производство, %, – рентабельность продукции, %, – отношение основного капитала к оборотному, %.
3. Финансовая устойчивость и платежеспособность	– коэффициент абсолютной ликвидности, %, – коэффициент финансовой независимости, %, – коэффициент текущей ликвидности

Пользователями информации об оценке финансового состояния предприятия могут быть:

– владельцы предприятий;
– менеджеры;
– банковские организации;
– партнеры по бизнесу.

На предприятиях малого бизнеса чаще всего владельцы выполняют функции менеджеров, поэтому их требования к финансовому анализу и цели будут совпадать.

Требования владельцев и менеджеров предприятия являются наиболее жесткими, поэтому каждый из рассматриваемых показателей имеет для них важное значение. Поскольку управляющие предприятием имеют полное представление о том, на каком этапе развития находится их бизнес, какие проблемы и приоритеты характерны для данного этапа, при оценке финансового состояния им необходимо использовать ситуационный подход, который должен заключаться в выделении из всех анализируемых показателей наиболее важные на данном конкретном этапе ведения бизнеса.

С точки зрения внешних по отношению к предприятию участников бизнеса должна быть использована другая группировка оценочных показателей. Для банковских организаций и прочих кредитодателей важным является не столько этапность развития предприятия и динамика его рентабельности, сколько показатели платежеспособности и финансовой устойчивости. На основе интегрированной оценки этих показателей должно приниматься решение о возможности и условиях выдачи кредита.

Для выбора партнеров по бизнесу, поставщиков и покупателей продукции, важным является сопоставление нескольких малых предприятий, занимающихся сходным бизнесом, выбор наилучших партнеров с точки зрения их устойчивости и прибыльности функционирования, обеспечения условий долгосрочного сотрудничества между ними. Поэтому, центральное место в такой оценке должны занимать показатели финансовой устойчивости и рентабельности.

Подводя итоги, можно сказать, что поэтапный анализ финансового состояния хозяйствующего субъекта позволяет инвестору достаточно быстро и точно определиться в необходимости и перспективах вложения в конкретный объект, а также сделать правильный выбор партнера по бизнесу.

Список использованной литературы:

1. Варналий З.С. Актуальные проблемы финансов малого предпринимательства // Финансы Украины. – 1996. – № 10. – С. 23-33.

2. Поклонский Ф.Е., Омельянчук А.И., Пампура О.И. Совершенствование методов оценки финансового состояния акционерных обществ. – Д.: ИЭП НАН Украины, 1997. – 25 с.

3. Грузинов В.П., Грибов В.Д. Экономика предприятия. – М.: Финансы и статистика, 1998. – 206 с.

4. Брайнин Л.М. Оценка работы руководителя предприятия // Экономика Украины. – 1998. – № 1. – С. 85-88.

5. Забродская Л. Оценка финансовой устойчивости предприятия // Бизнес-информ. – 1998. – № 7. – С. 54-55.

ПРОМЫШЛЕННОСТЬ И СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Международный научный журнал

Выпуск № 4 / 2023

Подписано в печать 15.04.2023

Рабочая группа по выпуску журнала

Ответственный редактор: Морозова И.С.
Редактор: Гараничева О.Е.
Верстка: Мищенко П.А.

Издано при
поддержке ГБОУ ВО
«Донбасская аграрная
академия»

ГБОУ ВО «Донбасская аграрная академия»
приглашает к сотрудничеству студентов, магистрантов,
аспирантов, докторантов, а также других лиц,
занимающихся научными исследованиями,
опубликовать рукописи в электронном журнале
«Промышленность и сельское хозяйство».

Контакты:

E-mail: donagra@yandex.com
Сайт: http://donagra.ru

